Praktična

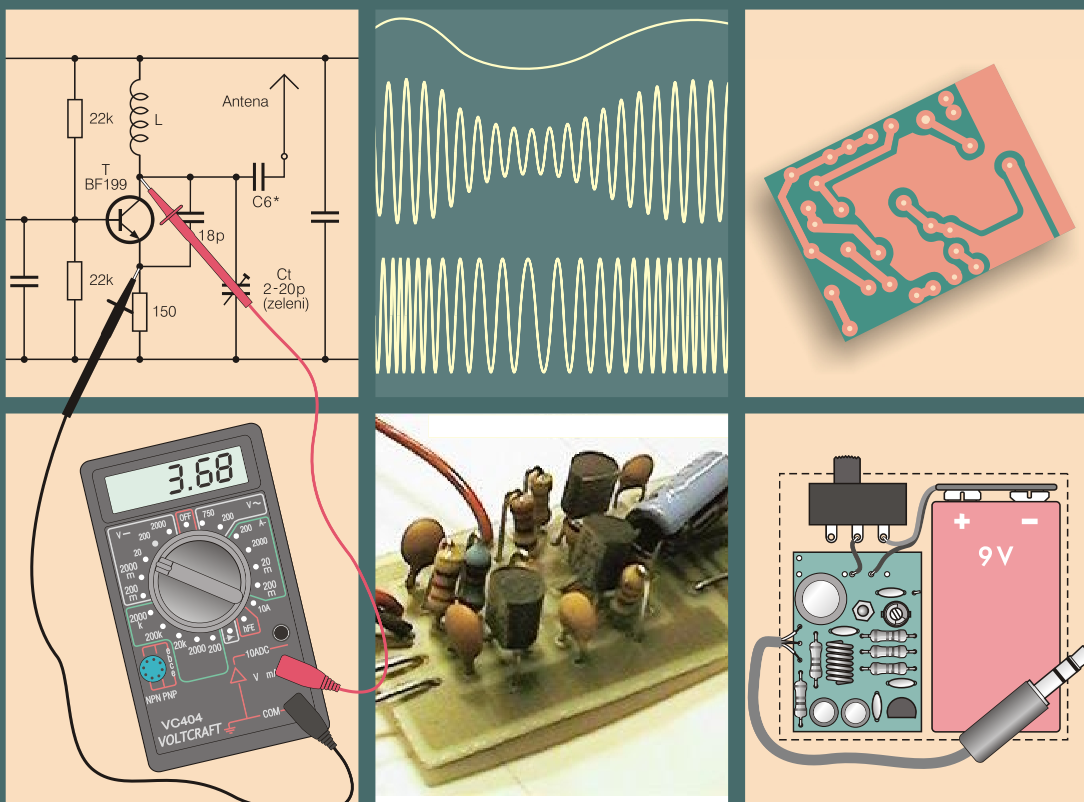
ELEKTRONIKA 6

FIL.M.2016

Filipović D. Miomir

RADIO-PREDAJNICI

od najjednostavnijeg do stereofonskog



Princip rada, električne šeme, komponente, uputstva, crteži i izrada štampane pločice, montažne šeme, praktična realizacija, podešavanja, provera ispravnosti, dodatna kola, antene, uzemljenje, dodaci . . .

PREDGOVOR

Ovo je šesta knjiga iz serije *"Praktična* ELEKTRONIKA" koja je namenjena svima koji žele da sami, svojim rukama, naprave radio-predajnik. Autor se, imajući u vidu staru amatersku izreku da "nijedan uređaj ne radi tako dobro kao onaj koji ste sami napravili", nada da će čitaoci ljubitelji radiotehnike podjednako uživati i pri čitanju ove knjige i pri izradi nekog od opisanih uređaja, a oni preduzimljiviji i u materijalnoj koristi koju mogu da ostvare na osnovu znanja stečenog pažljivim čitanjem.

U knjizi je opisan princip rada i praktična realizacija velikog broja radio-predajnika, od najjednostavnijeg pa sve do stereofonskog predajmnika. Pored velikog broja električnih šema dati su i crteži štampanih kola, uputstva i saveti kao i primeri praktične realizacije uređaja.

Na početnoj strani kliknite na EWB SIMULACIJE, pa na EWB SIMULACIJE-PRIMERI.

SADRŽAJ

Kada u sadržaju pronađete šta vas interesuje, kliknite na ikonicu Pages, pa na ikonicu stranice.



UVOD

Kratka istorija radio-tehnike, od početka do kraja prošlog veka, kao i principi na kojima se zasniva radio-prenos, opisani su u knjizi "Radio-prijemnici". Na samom početku ove knjige o radio-predajnicima, treba istaći da je emitovanje radio programa regulisano zakonom čije se kršenje vrlo strogo kažnjava i da je svako emitovanje bez posebne dozvole, koju izdaje ministarstvo za telekomunikacije, nelegalno i strogo zabranjeno. Međutim, radio-amateri, pod određenim uslovima, imaju mogućnost rada na više talasnih područja, pa autor ovih redova, svima koji su zainteresovani za radiotehniku, preporučuje da se učlane u neki od mnogih radio-amaterskih klubova u našoj zemlji, i tamo se informišu o uslovima pod kojima mogu da rade i održavaju veze sa kolegama iz celog sveta.

Izuzetak su radio-predajnici vrlo malih snaga sa vrlo kratkim antenama, koji ne ometaju normalan prijem radio i TV programa profesionalnih predajnika, pa će takvi uređaji i biti opisani u tekstu koji sledi.

Šta može da se uradi, odnosno kako mogu da se korisno upotrebe radio-predajnici malih snaga? Najpoznatija je njihova primena kao bežičnih mikrofona, kao i za bežično priključenje električnih instrumenata na pojačavače, bežično priključenje slušalica na radio i video uređaje, za osluškivanje šta se događa u sobi u kojoj su mala deca, ili u garaži, za slušanje muzike sa CD-a, kompjutera i sl. u drugoj sobi ili u dvorištu itd.

Serija knjiga Praktična ELEKTRONIKA je namenjena svima koji žele da sami, svojim rukama, naprave neki elektronski uređaj, pa je u vom broju opisana izrada i podešavanje većeg broja AM i FM radio-predajnika, počevši od onih za koje može da se kaže da su "najjednostavniji na svetu" pa, preko sve složenijih, do uređaja koji se koriste u profesionalne svrhe.

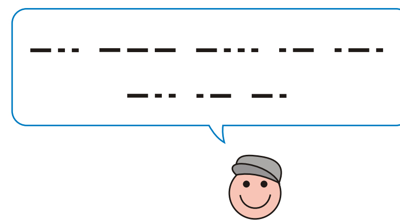
Svima koji reše da praktično realizuju neki od predajnika opisanih u ovoj knjizi autor savetuje da prethodno pročitaju kompletan tekst jer su mnogi saveti i uputstva razbacani po raznim projektima, a bez primene nekih od njih uređaj će loše da radi, a može da se desi i da ne daje nikakve "znake života". A praktična realizacija nekog od opisanih uređaja, ili samo upoznavanje principa rada radio-predajnika, otvara vrata kroz koja se ulazi u radiotehniku koja je već više od sto godina jedna od najinteresantnijih oblasti celokupne elektrotehnike.

1.

CW PREDAJNICI

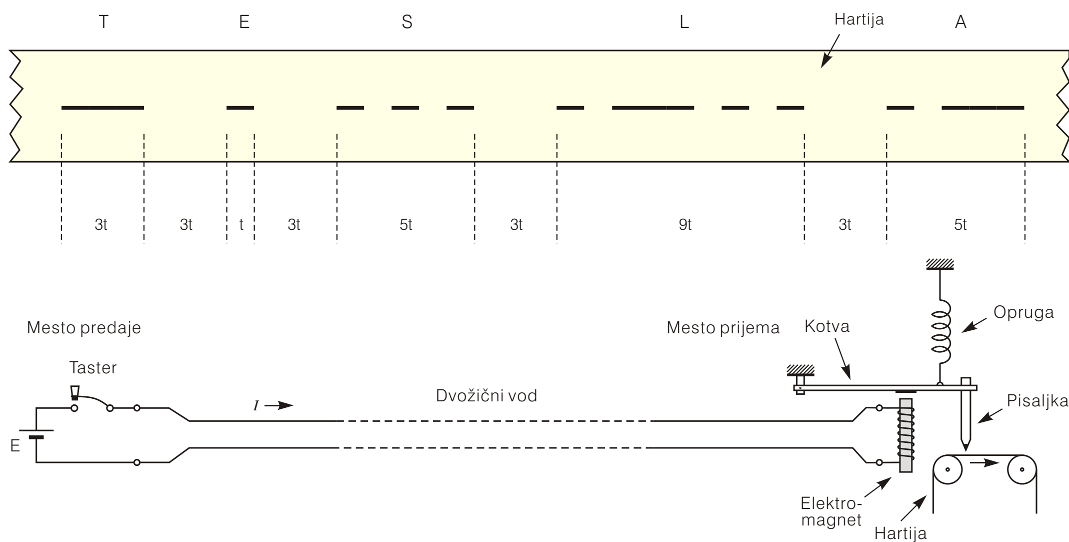
Istorija savremenih telekomunikacija je počela 24. maja 1844. godine, kada je Semjuel Morze ostvario prenos telegrafskih signala između Vašingtona i Baltimora. Telegrafijom je moguće prenositi sve pisane poruke sastavljene od slova, brojeva, znakova interpunkcie i sl. Po Morzeovom kodu, svakom slovu, broju itd. odgovara određena kombinacija tačaka i crta, sa pauzama između njih. Pod tačkom se podrazumeva prisustvo struje na potrošaču koje traje jedno određeno, kratko vreme. Crta je prisustvo struje koje traje tri puta duže od tačke. Pauza između tačaka i crta u jednom slovu je odsustvo struje na potrošaču koje traje kao jedna tačka, pauza između slova u jednoj reči traje kao tri tačke, a pauza između reči traje kao pet tačaka. Morzeov kod je prikazan na slici 1.1. Na primer, reč TESLA po Morzeovom kodu ima oblik kao na gornjem delu slike 1.2, na kome je prikazan komad trake od hartije na kojoj je, na mestu prijema, ispisivana poruka. U pojednostavljenom obliku, telegrafska veza je prikazana na slici 1.2.

a	· —	n	— ·	ć	— · — · ·	1	· — — — —
b	— · · ·	o	— — —	č	— · — — ·	2	· · — — —
c	— · — ·	p	· — — ·	đ	— · · — —	3	· · · — —
d	— · ·	q	— — · —	dž	— — · — ·	4	· · · · —
e	·	r	· — ·	lj	· — — — ·	5	· · · · ·
f	· · — ·	s	· · ·	nj	— — · — —	6	— · · · ·
g	— — ·	t	—	š	— — — · —	7	— — · · ·
h	· · · ·	u	· · —	ž	— — · · —	8	— — — · ·
i	· ·	v	· · · —			9	— — — — ·
j	· — — —	w	· — —			0	— — — — —
k	— · —	x	— · · —			0	———————
l	· — · ·	y	— · — —				
m	— —	z	— — · ·				



Slika 1.1. Morzeovi telegrafski znaci

Princip rada telegrafa je sledeći. Kada, na slici 1.2, operater na mestu predaje pritisne taster, kroz dvožični vod teče struja. Na mestu prijema elektromagnet privlači kotvu i vrh pisaljke se prislanja na traku od hartije, koja se neprekidno kreće. Kada operater otpusti taster, nema struje, elektromagnet više ne deluje, i opruga vraća kotvu u gornji položaj, čime se i vrh pisaljke odvaja od hartije.

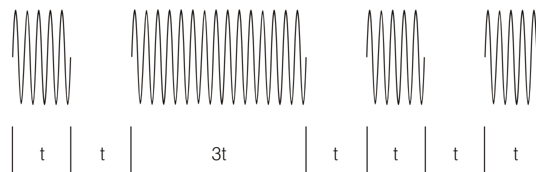


Slika 1.2. Gore: Teslino prezime u Morzeovom "pismu", dole: princip rada telegrafa

Nije teško da se zaključi da je telegrafija u suštini digitalni prenos informacija. Na primer, ako tačku smatramo za logičku jedinicu a pauzu između tačke i crte u jednom slovu za logičku nulu, tada je slovo L binarni broj 101110101. Kao što se vidi, digitalne telekomunikacije, kojima se mi danas toliko oduševljavamo kao revolucijom u prenosu informacija, rođene su pre više od sto pedeset godina.

Telegrafija je bila i prvi oblik telekomunikacija na radio-talasima. Postoji više načina na koji se ona praktično ostvaruje, najjednostavniji je tzv. CW (Continuous Wave) prenos, kod koga nema modulacije već se predajnik, pomoću tastera, uključuje (za vreme dok emituje tačke i crte) i isključuje (za vreme pauza). Kao ilustracija ove vrste rada, na slici 1.3 je prikazan oblik VF napona u anteni predajnika (i prijemnika, naravno) za vreme dok se prenosi slovo L.

Rad pomoću CW telegrafije ima svojih loših ali i dobrih strana. Najprivlačnija stvar



Slika 1.3. Oblik VF napona u anteni CW predajnika za vreme dok se emituje slovo L

je u tome što je sa predajnicima vrlo maaalih (nije greška, treba više slova a) snaga moguće ostvariti vrlo veeeliki domet veze. Među radio-amaterima koji se bave CW telegrafijom, već decenijama traje nezvanično takmičenje u kome je cilj da se ostvari veza na što većem rastojanju uz što manju snagu predajnika.

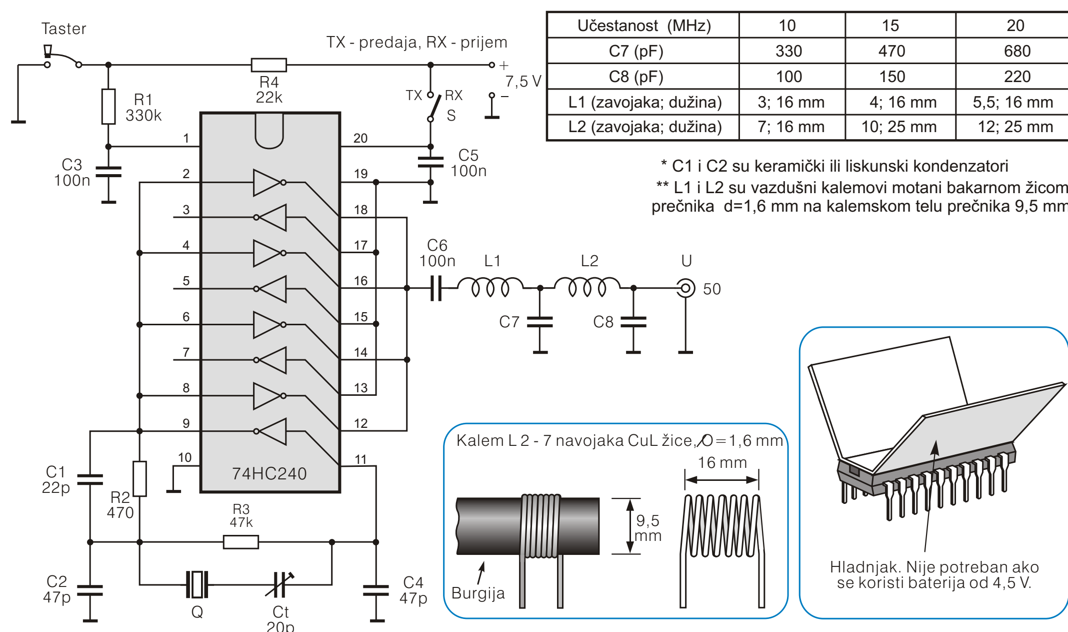
1.1. QRP CW predajnik 1

Pri radu telegrafijom, amateri koriste razne skraćenice koje prenos čine bržim i komfornijim, kao što su OK - sve u redu, TNX - hvala, QRS - usporite tempo telegrafisanja itd. Jedna od kratica je i QRP koja znači "Smanjite snagu", ali se koristi i kao oznaka za CW predajnike veoma male snage.

Na slici 1.4 je prikazana električna šema jednog interesantnog QRP predajnika,

snage samo 0,5 W, realizovanog pomoću logičkog čipa 74HC240. Prema radio-amaterskom Svetom pismu, koje se zove The ARRL Handbook, izdanje 1998. g., američki amater Lew Smith, N7KSB, je pomoću ovog predajnika i jednostavne antene ostvario veze sa kolegama iz više od trideset zemalja na svim kontinentima.

U čipu 74HC240 se nalazi osam invertujućih pojačavača koji se u digitalnoj elektronici koriste kao baferi (razdvojni stepeni). Na slici 1.44, jedan od bafera, onaj čiji je ulaz na nožici 11 a izlaz na nožici 9, je aktivna komponenta oscilatora. Signal iz oscilatora se pojačava pomoću pojačavača koji sačinjavaju četiri bafera vezana u paralelu. To su baferi čiji su ulazi na nožicama 2, 4, 6 i 8. Baferi čiji su izlazi na nožicama 3, 5 i 7 se ne koriste, pa su njihovi ulazi vezani na masu a izlazi im "vise" (ne priključuju se nigde). Pojačani VF signal se, sa izlaza pojačavača (nožice 12, 14, 16 i 18), vodi, preko filtra koji čine kalemovi L1 i L2 i



Učestanost (MHz)	10	15	20
C7 (pF)	330	470	680
C8 (pF)	100	150	220
L1 (zavojaka; dužina)	3; 16 mm	4; 16 mm	5,5; 16 mm
L2 (zavojaka; dužina)	7; 16 mm	10; 25 mm	12; 25 mm

Slika 1.4. QRP CW predajnik sa logičkim kolom 74HC240

kondenzatori C7 i C8, na utičnicu U. Pomoću ovog filtra se vrši potiskivanje viših harmonika VF signala, koji bi mogli da veoma ometaju rad drugih radio-sistema. Kod ovog predajnika, ovo potiskivanje je od izuzetne važnosti jer oscilator stvara četvrtasti napon, koji je veoma bogat harmonicima. U utičnicu U se priključuje utikač sa koaksijalnim kablom impedanse 50 , preko koga se VF signal vodi u emisionu antenu.

* Predajnik se napaja iz baterije napona 7,5V. Veći napon ne sme da se koristi, jer bi došlo do pregrevanja i oštećenja integrisanog kola.

* Kolo se prilično greje, pa je neophodan hladnjak. On se, prema slici u donjem desnom delu slike 1.4, pravi od aluminijumskog lima, debljine oko 1mm, koji se, pomoću epoksidnog lepka, lepi na kolo.

* Podaci o kalemovima su dati u tabeli u desnom gornjem uglu slike 4. Oni se motaju bakarnom žicom izolovanom lakom, prečnika oko 1,6 mm. Kao što je to u uokvirenom delu prikazano za kalem L1, prvo se na burgiji prečnika 9,5 mm, kalem namota, sa zavojcima jedan do drugog. Zatim se kalem skine sa burgije i razvuče, tako da mu je ukupna dužina kao što je navedeno u tabeli.

* Oscilator radi kada je nožica broj 1 spojena sa masom, što se ostvaruje pritiskom na taster. Otpornik R1 i kondenzator C3 obrazuju filter propusnik niskih učestanosti. Pomoću njega se otklanjaju tzv. kliksevi, koji se javljaju kada se kontakti tastera spajaju ili razdvajaju.

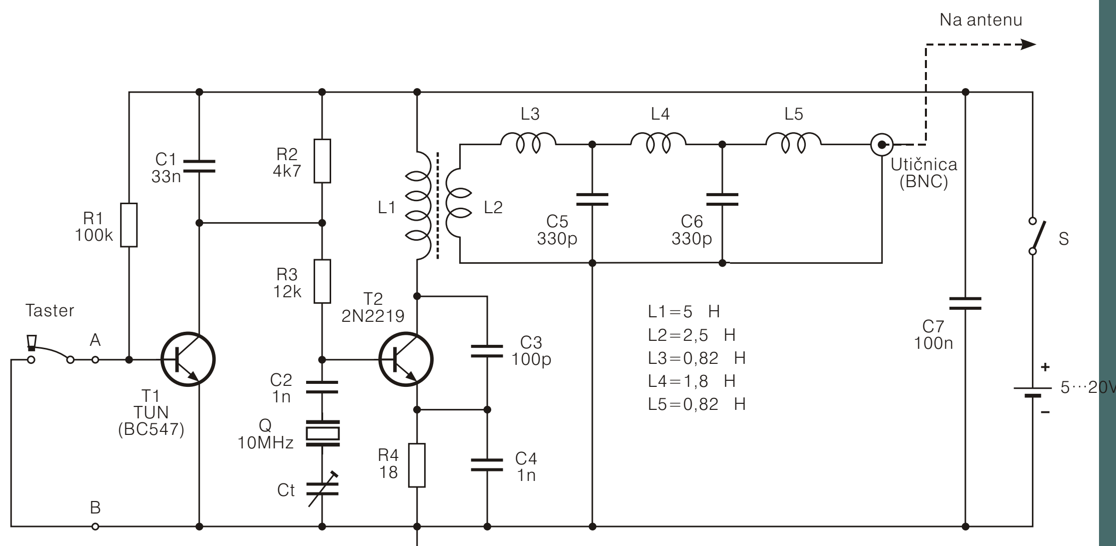
*Q je kvarcni kristal čija je osnovna rezonantna učestanost jednaka učestanosti predajnika (30 MHz, 20 MHz ili 15 MHz). Fino podešavanje učestanosti, tako da predajnik "upadne" u amterski opseg 28 MHz, 21 MHz i 14 MHz vrši se pomoću trimer kondenzatora Ct.

1.2 QRP CW predajnik 2

Ovaj QRP CW predajnik, čija je električna šema na slici 1.5, je namenjen ljubiteljima (amaterima) radio-predajnika koji od svog hobija ne mogu da se odvoje ni kada su na izletu za vreme vikenda, kad im je potreban mali, lagan uređaj koji može da se napaja iz baterija. Njegov osnovni deo je Kolpicov oscilator sa tranzistorom T2, koji se koristi i u mnogim projektima koji slede, kako u AM tako i u FM predajnicima. Iskorišćen je popularni tranzistor 2N2219, ali umesto njega može da se koristi bilo koji NPN tranzistor sličnih karakteristika. Predajnik je predviđen za rad u amaterskom opsegu oko 10 MHz, pa se stabilizacija učestanosti obavlja pomoću kvarca (Q) čija je osnovna učestanost 10 MHz. Fino podešavanje učestanosti se vrši pomoću trimera C_t maksimalne kapacitivnosti oko 100 pF.

Izlazna snaga predajnika je u granicama od 100 mW (pri napajanju iza baterije čiji je napon 4,5 V) do 500 mW (pri napajanu iz baterije čiji je napon 20 V).

Tastovanje predajnika (uključivanje i sključivanje u skladu sa tabelom na slici 1.1) se obavlja preko tranzistora T1: kada je taster otpušten, jednosmerni napon na kolektoru T1,



Slika 1.5. QRP predajnik sa Kolpicovim oscilatorom

a time i na bazi T2, je veoma smanjen i oscilator ne radi. Kad se taster pritisne, T1 se zakoči, napon na njegovom kolektoru poraste i oscilator osciluje. Pri naponu napajanja od 9 V, dok oscilator ne radi, uređaj vuče iz baterije struju od oko 2 mA, a kad oscilator radi, oko 50 mA.

VF napon iz oscilatornog kola u kolektoru T2 se induktivnim putem (pomoću VF transformatora koji obrazuju L1 i L2), preko filtra koji obrazuju kalemovi L3, L4 i L5 i kondenzatori C5 i C6, vodi u antenu. Ovim filtrom se vrši potiskivanje viših harmonika VF signala, što je vrlo značajna stvar sa gledišta "održavanja higijene u eteru".

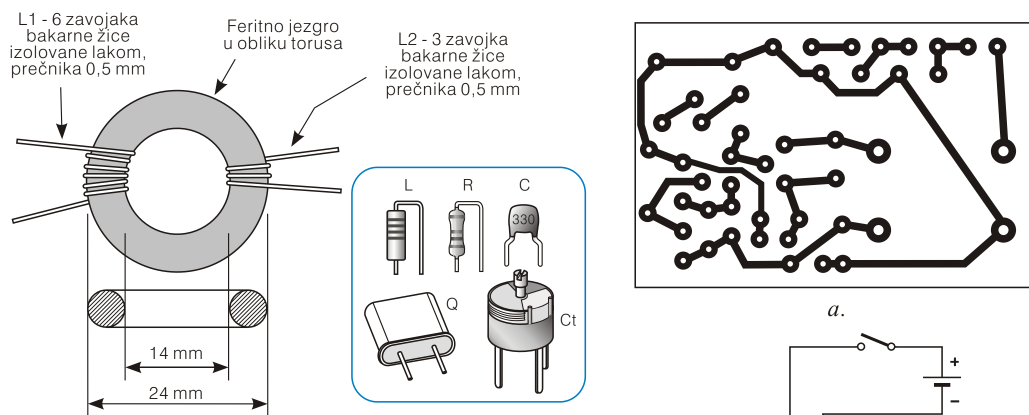
Kalemovi L3, L4 i L5 su iz serije E12. Oni se proizvode i prodaju kao gotove komponente (u obliku otpornika male snage), ali mogu i da se namotaju u "kućnoj radinosti" (videti sliku 3.30).

VF transformator je namotan na feritnom jezgru u obliku torusa koje pod oznakom T-94-2 proizvodi firma Amidon. Najvažnija karakteristika ovog torusnog jezgra je koeficijent k_L=0,84 H/zav (0,84 H po zavojku), koji omogućuje da se vrlo lako izračuna broj zavojaka kalema potrebne induktivnosti: $N=L/k_L$.

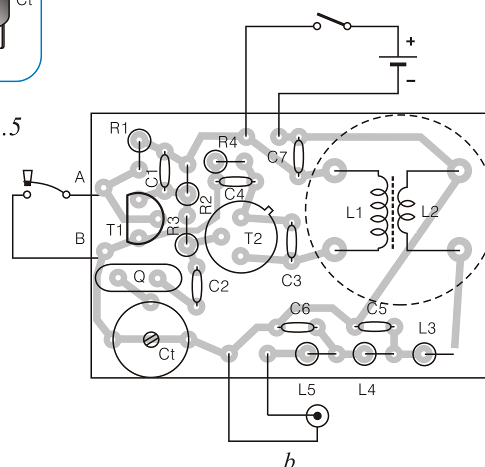
Pošto je L1=5 H, broj zavojaka ovog kalema je:

$$N_1 = \frac{5\ \ H}{0{,}84 \dfrac{H}{zav.}} = 6\ \ zavojaka$$

Na isti način dobija se i N_2=3 zavojka. Izgled ovog kalema je prikazan na slici 1.6.



Slika 1.6. Komponente predajnika sa slike 1.5



Oba kalema motaju se bakarnom žicom izolovanom lakom, prečnika 0,5 mm.

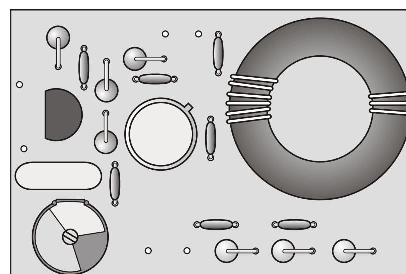
Šta da rade oni koji ne mogu da dođu do ovog torusa? Nema druge, moraće da se snađu i da L1 i L2, drugi preko prvoga, namotaju na nekom kalemskom telu sa feritnim jezgrom. U tu svrhu može da se iskoristi i komad feritnog štapa na kome je bila namotana feritna antena nekog rashodovanog AM

prijemnika. Broj zavojaka treba naći eksperimentom, tako da je L1=5   H, a L2=2,5   H.

* Pri većim jednosmernim naponima baterije, na tranzistor T2 treba namontirati hladnjak (kao na slici 3.34-c).

*Uređaj treba smestiti u metalnu kutiju na koju su namontirane dve buksne za priključenje tastera, još dve ako se uređaj napaja iz ispravljača i BNC konektor za priključenje kabla preko koga se VF signal vodi u antenu.

* Štampana pločica (izgled obe strane i crtež kompletnog uređaja) su na slici 1.7.



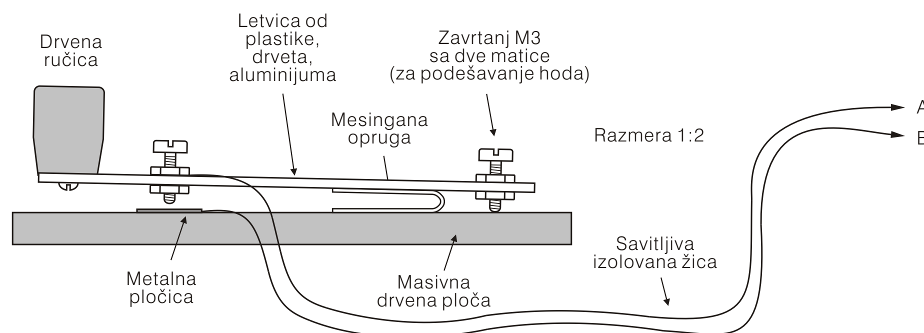
c.

Slika 1.7. a - štampana pločica sa strane bakra. b - štampana pločica sa strane komponenata, c - crtež kompletne pločice

* Prijem CW signala se ostvaruje pomoću superheterodinih AM prijemnika koji imaju i tzv. BFO (Beat Frequency Oscilator). Prijem je moguć i sa direktnim prijemnicima sa pozitivnom povratnom spregom, o kojima je bilo reči u prethodnoj knjizi (Radio-prijemnici).

* Pri testiranju uređaja na malom rastojanju između predajnika i prijemnika, može da se koristi komad žice kao emisiona antena. Za pravi rad, na veoma velikim rastojanjima, neophodna je dobra spoljna antena.

* Telegrafski taster može da se nabavi samo od nekog radio-amatera, ali može i da se napravi prema slici 1.8. Mesingana opruga se pravi od komada mesinganog lima u obliku trake.



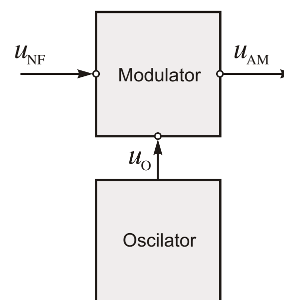
Slika 1.8. Telegrafski taster "Uradi sam"

2.

AM PREDAJNICI

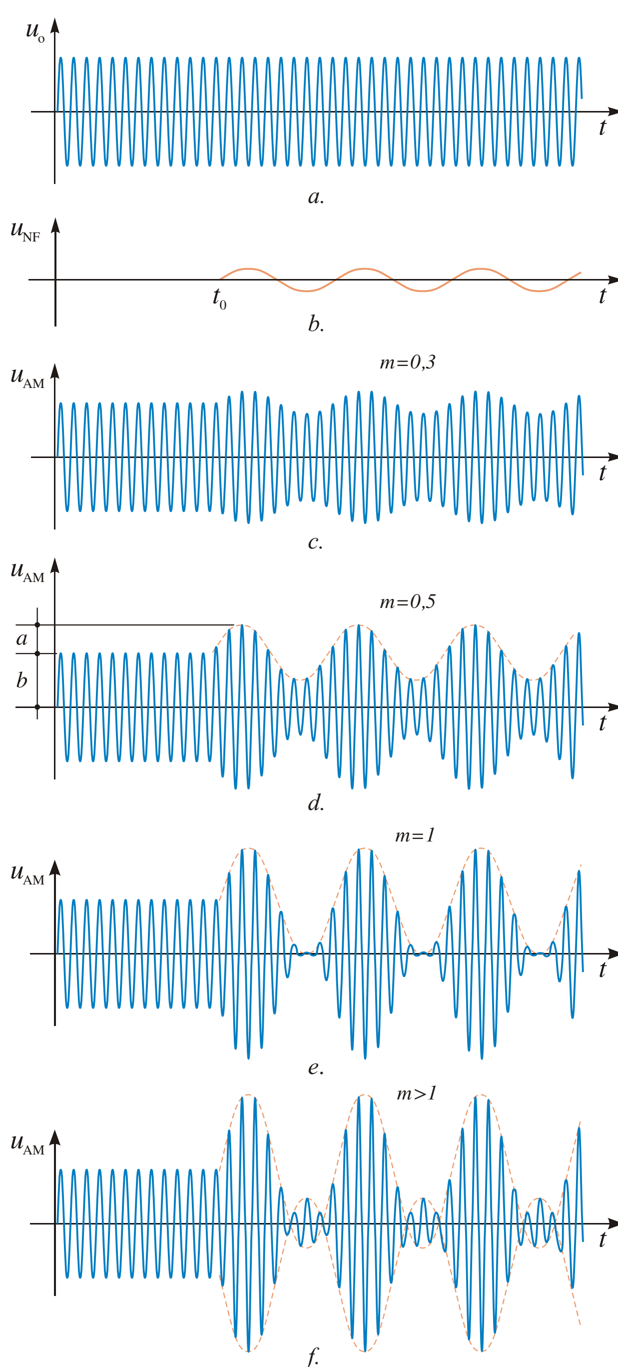
Amplitudska modulacija (AM) je postupak kojim se ostvaruje da se amplituda nosioca (nosećeg signala u obliku sinusoide visoke učestanosti) menja u skladu sa trenutnom vrednošću informacije koja se prenosi. Strogo posmatrano, CW predajnici opisani u pretdhodnoj glavi su AM predajnici u kojima se modualacija obavlja pravougaonim impulsima čije trajanje je jednako trajanju tačaka ili crta. Ali, u praksi, pod AM predajnicima se podrazumevaju uređaji u kojima se koristi konvencionalna amplitudska modulacija, kod koje nema prekidanja nosioca.

Modulacija se, prema slici 2.1-a, obavlja u posebnom stepenu koji se naziva modulator. (Korisno je imati u vidu da postoje stručne knjige u kojima se ovaj stepen predajnika naziva modulisani stepen, dok se pod modulatorom podrazumeva poslednji stepen bloka iz koga dolazi modulišući signal). U modulator se dovode dva signala: nosilac, ili noseći signal, obeležen sa u_O i modulišući signal u_{NF}, koji predstavlja električnu sliku informacije koja se prenosi. Nosilac u_O se dovodi iz stepena koji se naziva oscilator, a u_{NF} iz mikrofona, kasetofona i sl.



a.

U veoma jednostavnim predajnicima, modulacija se obavlja u samom oscilatoru, kao što je prikazano na slici 2.1-b.



Slika 2.2. *Amplitudna modulacija: a - modulišući signal, b, c, d i e - AM signal*

u_{NF} → [ ] → u_{AM}

b.

Slika 2.1. Amplitudska modulacija: a - u posebnom stepenu, b - u oscilatoru

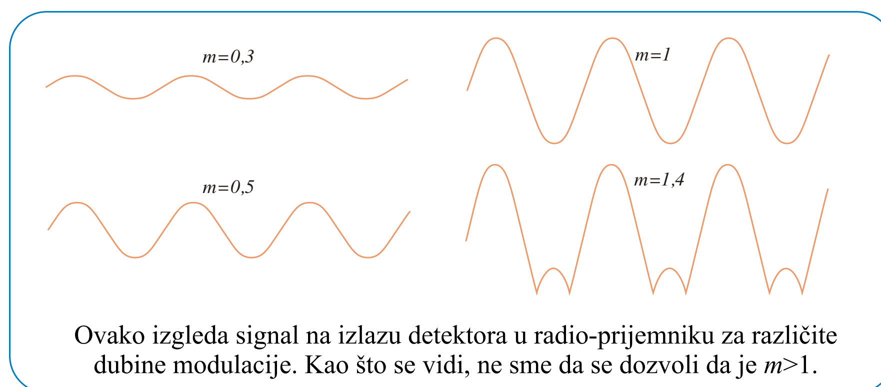
Na slici 2.2-a je prikazan nosilac. To je VF (visoko frekventni) napon konstantne amplitude i učestanosti. Njegova učestanost je jednaka učestanosti na kojoj predajnik radi (vrši emisiju).

Na slici 2.2-b je modulišući signal. To je NF (nisko frekventni) napon koji predstavlja prost ton u obliku sinusoide.

Sledeće četiri slike predstavljaju oblik AM (amplitudno modulisanog) signala na izlazu modulatora, za četiri različite veličine amplitude modulišućeg signala. Slovom *m* je označen koeficijent koji se naziva dubina modulacije. On se, prema oznakama na slici 2.2-d, definiše kao odnos:

$$m = \frac{a}{b}.$$

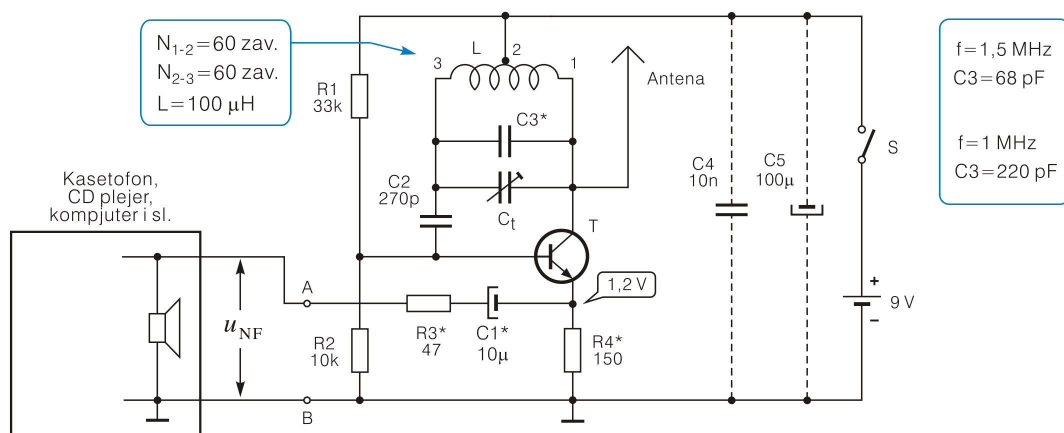
Isprekidana linija na slikama 2.2-d, -e i -f, je zamišljena linija koja spaja vrhove VF signala. Ona se naziva obvojnica. Istog takvog oblika je i NF signal koji se dobija na izlazu iz detektora u prijemniku. Kao što se vidi, najveća dozvoljena veličina modulišućeg signala je ona pri kojoj je dubina modulacije *m*=1. Pri većim vrednostima, dolazi do pojave izobličenja dela negativne poluperiode modulišućeg signala.



Ovako izgleda signal na izlazu detektora u radio-prijemniku za različite dubine modulacije. Kao što se vidi, ne sme da se dozvoli da je *m*>1.

2.1. Najjednostavniji AM predajnik

AM predajnik čija je električna šema prikazana na slici 2.3 može da se smatra za najjednostavniji predajnik, jer ima samo jedan stepen. To je VF oscilator Hartlejevog tipa, u kome se obavlja i amplitudska modulacija. Modulišući signal, odnosno informacija koja se prenosi, se dovodi na emiter tj. između emitera i mase. Da bi modulacija bila dovoljno duboka, ovaj signal (u_{NF}) mora da ima prilično veliku amplitudu (nekoliko volti), pa to ne može da bude NF signal iz mikrofona ili nekog sličnog izvora. Na slici 2.3 modulacija se obavlja pomoću NF signala sa zvučnika kasetofona, na kome je snimljen program koji treba



Slika 2.3. AM predajnik za srednje talase sa Hartlejevim oscilatorom

emitovati. NF signal može da se uzima i sa zvučnika nekog drugog uređaja, recimo sa jednog od zvučnika priključenih na kompjuter preko zvučne kartice i sl.

Učestanost oscilatora je jednaka rezonantnoj učestanosti oscilatornog kola koje čine kalem i paralelno njemu vezani kondenzatori. Ona može da se izračuna po Tomsonovom obrascu

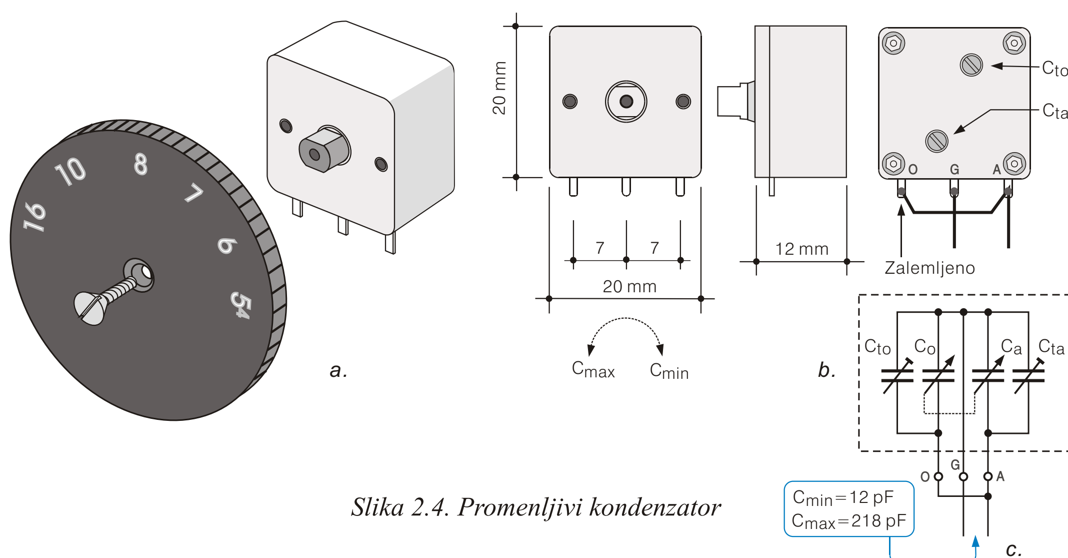
$$f_r = \frac{1}{2\sqrt{L(C_t + C_3 + C_x)}},$$

u kome je sa C_x obeležena tzv. štetna kapacitivnost. Ova kapacitivnost je jednaka zbiru sopstvene kapacitivnosti kalema i svih ostalih kapacitivnosti u kolu, uključujući i kapacitivnost antene, preslikane u paralelno oscilatorno kolo. Ona nije u napred poznata, ali može da se približno predpostavi njena veličina. Greška koja se time napravi, kompenzuje se pomoću trimer kondenzatora C_t.

Ovaj predajnik je predviđen za rad u gornjem delu srednje talasnog područja, na nekom slobodnom mestu (na kome nema signala neke profesionalne radio stanice), oko 1,5 MHz. Ako, na osnovu praktičnog iskustva sa oscilatornim kolima, usvojimo induktivnost kalema L=100 μH, tada se rešavanjem prethodne formule dobija da je

$$(C_3+C_t+C_x)=\frac{1}{4\pi^2 f^2 L}=\frac{1}{40\cdot 1{,}5^2\cdot 10^{12}\cdot 100\cdot 10^{-6}}=111\ \text{pF}$$

Pretpostavimo da je C_x=15 pF. Tada je C_3+C_t=96 pF. Ako nam je na raspolaganju trimer čija se kapacitivnost menja u granicama od C_{tmin}=10 pF do C_{tmax}=50 pF, tako da mu je srednja vrednost kapacitivnosti 30 pF, tada kapacitivnost kondenzatora C_3 treba da je 66 pF. Kondenzator tačno te kapacitivnosti ne postoji, pa ćemo da usvojimo neki čija je kapacitivnost najpribližnija, to je C_3=68 pF. Kada kapacitivnost trimer kondenzatora podesimo na C_t=28 pF, ukupna kapacitivnost oscilatornog kola će biti 111 pF i njegova rezonantna učestanost je 1,5 MHz. Tako će biti samo ako smo tačno pretpostavili C_x. Pošto nam to sigurno nije uspelo, rezonantna učestanost neće biti baš 1,5 MHz. To međutim nema nikakve posledice na ispravan rad predajnika. Greška se kompenzuje pomoću trimer kondenzatora, o čemu će biti reči kasnije.

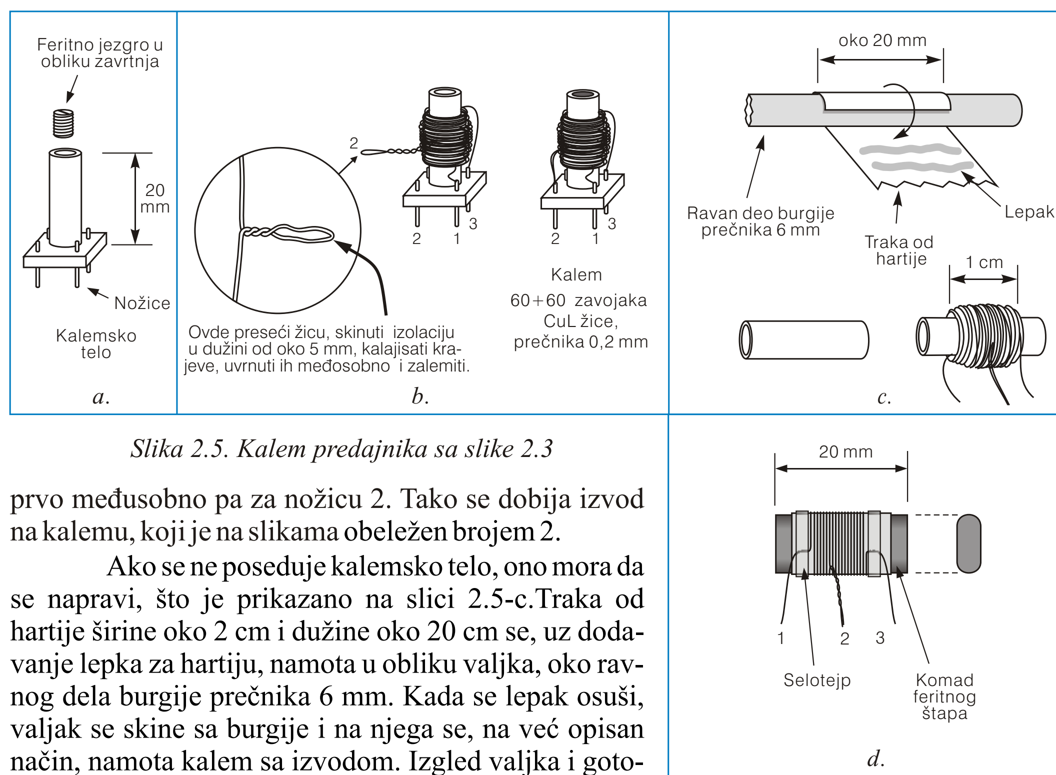


Slika 2.4. Promenljivi kondenzator

Lakše, i u širem opsegu učestanosti, podešavanje može da se ostvari ako se umesto kondenzatora C_t i C_3 koristi promenljivi kondenzator. To može da bude promenljivi kondenzator koji je izvađen iz nekog rashodovanog radio-prijemnika, kao što je onaj na slici 2.4.

Kalem je jedina komponenta koja ne može da se nabavi u prodavnicama, pa morate sami da ga napravite. To se lakše ostvaruje nego u slučaju kalemova koji se koriste u radio-prijemnicima, jer sada nije od velikog značaja štetna kapacitivnost kalema. Nekoliko načina praktične realizacije prikazano je na slici 2.5.

Na slici 2.5-a je prikazano fabrički izrađeno kalemsko telo od plastike u koje može da se ušrafi feritno jegro u obliku valjka prečnika oko 4 mm. Pomeranjem ovog jezgra induktivnost kalema se menja, što je vrlo korisno za podešavanje rezonantne učestanosti. U tom slučaju, nije potreban trimer kondenzator. Ukupan broj zavojaka ovog kalema je 120, a izvod se pravi na sredini, odnosno na šesdesetom zavojku. Kalem se mota bakarnom žicom prečnika od 0,2 mm do 0,3 m, izolovane lakom. (Na šemama, ovakva žica se obeležava sa CuL). Pravljenje izvoda je prikazano na slici 2.5-b. Prvo se početak žice zalemi za nožicu broj 1 i namota 60 zavojaka. Zatim se napravi petlja, žice čvrsto uvrnu jedna oko druge, u dužini od oko 2 cm. Namota se još 60 zavojaka, u više slojeva, jedan preko drugog i kraj žice se zalemi za nožicu broj 3. Namotan kalem treba da izgleda kao na srednjem delu slike 2.5-b. Na kraju, petlja se preseče, krajevi obe žice se kalajišu, uvrnu jedan oko drugog i zaleme



Slika 2.5. Kalem predajnika sa slike 2.3

prvo međusobno pa za nožicu 2. Tako se dobija izvod na kalemu, koji je na slikama obeležen brojem 2.

Ako se ne poseduje kalemsko telo, ono mora da se napravi, što je prikazano na slici 2.5-c.Traka od hartije širine oko 2 cm i dužine oko 20 cm se, uz dodavanje lepka za hartiju, namota u obliku valjka, oko ravnog dela burgije prečnika 6 mm. Kada se lepak osuši, valjak se skine sa burgije i na njega se, na već opisan način, namota kalem sa izvodom. Izgled valjka i gotovog kalema su prikazani na donjem delu slike 2.5-c.

Kalem može da se namota i na komadu feritnog štapa, koji se u prenosnim radio-prijemnicima koristi kao feritna antena (slika 2.5-d). Tada je broj zavojaka znatno manji i može da se koristi deblja žica. Izvod se, kao i ranije, pravi na polovini ukupnog broja zavojaka. U vezi sa ovim videti sl. 2.14.

* Otpornik R3 sprečava da VF napon iz oscilatora prodre u kasetofon. Ako do toga ipak dolazi, što se manifestuje pojavom izobličenja, nestabilnog rada i sl., treba koristiti otpornik veće otpornosti ili, što je znatno bolje, umesto otpornika koristiti VF prigušnicu. Ona se pravi tako što se na bilo kakvo kalemsko telo namota što više (nekoliko stotina) zavojaka bakarne žice izolovane lakom.

* Proverite u kasetofonu da li je zvučnik jednim krajem vezan na masu i pazite da masa kasetofona bude spojena sa masom predajnika. Za priključivanje kasetofona na predajnik može da se koristi i priključak za spoljne slušalice, ako postoji.

* Napon baterije za napajanje je u granicama od 3V do 12 V. Veći napon znači i veću izlaznu snagu.

* Antena je komad žice dužine ne veće od dva metra. Duža antena obezbeđuje veći domet, pa i veću mogućnost ometanja normalnog rada drugih radio-predajnika, što svakako treba izbegavati, i što zakon strogo zabranjuje (i KAŽNJAVA).

* Dok je baterija nova, tako da joj je unutrašnja otpornost veoma mala, kondenzatori C4 i C5 nisu potrebni. Ali kad se baterija delimično isprazni, ili ako se predajnik napaja iz ispravljača koji je sa štampanom pločicom spojen pomoću dve relativno dugačke žice, oni su neophodni.

* Puštanje u rad se obavlja na sledeći način. Uključi se radio-prijemnik, postavljen za prijem stanica iz oblasti srednjih talasa i podesi na neku slabiju profesionalnu radio-stanicu koja emituje (radi) na nekoj učestanosti pri samom gornjem kraju skale, negde između 1500 kHz i 1600 kHz. Predajnik se uključi i odvrtkom pažljivo okreće trimer kondenzator C_t, dok se u zvučniku ne čuje ton koji nastaje izbijanjem nosilaca stanice i našeg predajnika. Jačina i visina ovog tona se menjaju pri malim promenama kapacitivnosti trimera, i to je si-

guran znak da naš predajnik radi. Zatim se radio-prijemnik podesi na neko prazno mesto na skali (mesto na kome nema ni jedne radio stanice), u blizini radio stanice koju smo koristili za proveru da li naš predajnik radi, i uključi kasetofon. Učestanost predajnika se pomoću trimera podesi na novu noseću učestanost, tako da se u prijemniku čuje NF signal sa kasetofona.

* Ako kasetofon nije sasvim blizu predajnika, za vezu između njih treba koristiti mikrofonski kabl sa oklopom vezanim na masu.

* U prototipu je korišćen univerzalni tranzistor male snage BC547. To nije VF tranzistor, ali je sve bilo u redu. Umesto njega može da se koristi i neki drugi univerzalni NPN tranzistor (TUN), kao što su BC107, 108, 109 i sl. Sa baterijom napona U_{Bat} = 9V, jednosmerni napon na emiteru tranzistora (između emitera i mase) je U_E=1,2 V , pa je jednosmerna struja kroz tranzistor:

$$I_C \quad I_E = \frac{U_E}{R_4} = \frac{1{,}2\ V}{150} = 8\ mA.$$

Električna snaga koja se iz baterije predaje predajniku je:

$$P_0 = I_C \ \ U_{Bat} = 8mA \ \ 9V = 72\ mW,$$

i ona se naziva INPUT (ulaz). Izlazna snaga predajnika je oko dva puta manja od INPUT-a, tako da je izlazna snaga predajnika sa slike 2.3 oko 36 mW.

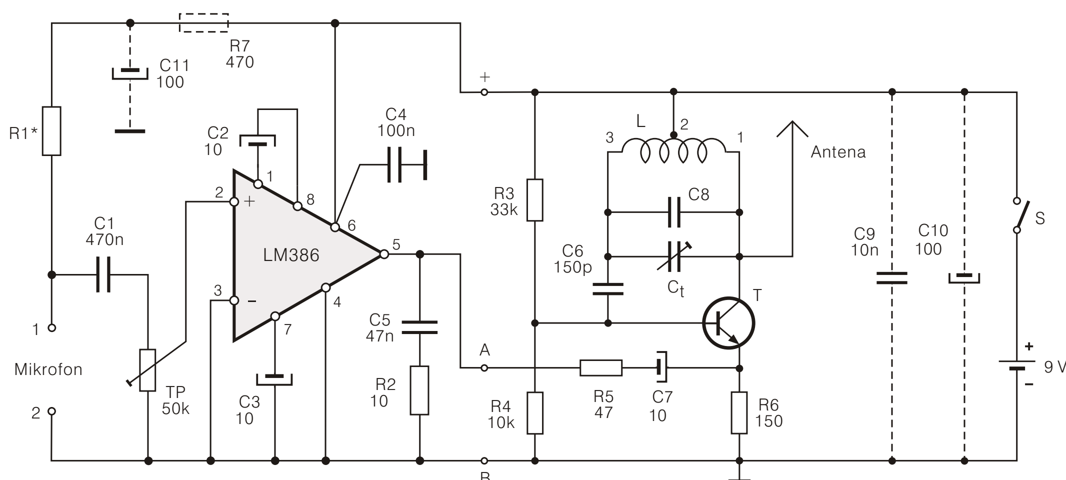
Veća izlazna snaga može da se ostvari povećavanjem napona baterije i korišćenjem tranzistora veće snage. U tom slučaju, optimalna vrednost kolektorske struje se podešava menjanjem otpornosti otpornika R1. Veća snaga znači i veći domet predajnika, ali značajnije povećanje dometa može da se ostvari samo upotrebom duže antene. Pre nego što se upustite u bilo koju od pomenutih stvari, vratite se na početak ovog broja časopisa, i podsetite se šta o tome kaže zakon.

* Modifikacija predajnika sa slike 2.3, koja omogućuje korišćenje mikrofona i drugih izvora NF signala sa malim izlaznim naponima, prikazana je na slici 2.6. Kao što se vidi, predajniku sa slike 2.3 dodat je audio-pojačavač sa integrisanim kolom LM386, o kome je bilo više reči u prethodnom broju Praktične ELEKTRONIKE. Mikrofon se priključuje između tačaka 1 i 2, vodeći računa da na masu dođe odgovarajući kraj. Otpornici R1 i R7 i kondenzator C11 postoje samo u slučaju kada se koristi elektret mikrofon. Izostavljaju se pri upotrebi drugih vrsta mikrofona (dinamički, keramički itd.). Veličina otpornosti R1 zavisi od napona baterije i nalazi se u opsegu od nekoliko kilooma do desetk kilooma.

* Trimer-potenciometrom TP se reguliše dubina modulacije. Naponsko pojačanje audio pojačavača je A=200, pa je, pri ulaznom naponu od 5 mV i sa klizačem trimera u krajnjem gornjem položaju, izlazni napon

$$u_{iz}=A\cdot u_{ul}=200\cdot 5\text{mV}=1\text{ V},$$

i tada je dubina modulacije m=0,3.



Slika 2.6. AM predajnik sa audio-pojačavačem

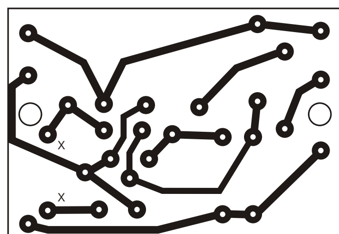
Na slici 2.7 je prikazana štampana pločica predajnika sa slike 2.3. Na njoj su smeštene sve komponente izuzev baterije i prekidača. Dimenzije pločice su 45 mm x 30 mm, ali one mogu da budu i manje, uz gušće pakovanje komponenata i vertikalnu montažu kalema. Komponente su razmaknute više nego što je neophodno da bi bilo mesta za eventualne promene rastojanja između nožica u koje se leme krajevi kondenzatora, za slučaj da se koriste komponente većih dimenzija.

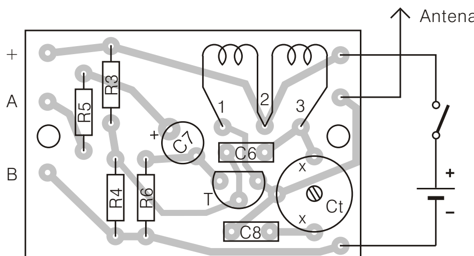
Iskorišćeni trimer kondenzator ima kapacitivnost od 5,5 pF do 65 pF, što je skoro idealno u ovom slučaju. Rastojanja između njegovih nožica su kao na slici. Naspramne nožice, obeležene sa X, su međusobno spojene. Ako trimer koji je vama na raspolaganju ima drugačiji raspored i rastojanja nožica, štampano kolo treba modifikovati, za šta ima dovoljno prostora.

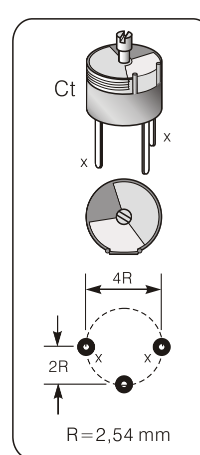
Kalem je na pločicu zalepljen u položaju kao na slici. Njega je moguće montirati i

uspravno. U tom slučaju, na pločici se buši rupa prečnika kao što je spoljni prečnik kalemskog tela. Kroz tu rupu se provuče telo i zalepi.

* Veza između stopica obeleženih sa X je ostvarena preko trimera



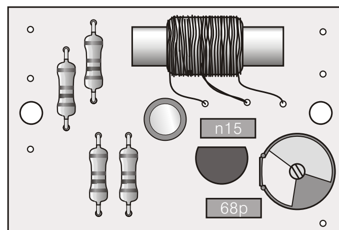




a.

b.

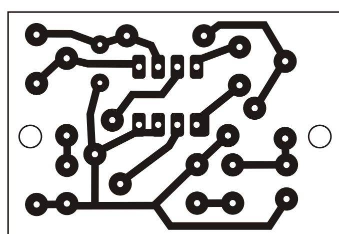
Slika 2.7. Štampana pločica oscilatora sa slike 2.6: a - pogled na stranu bakra b - pogled na stranu komponenata,c - kompletna pločica (na sledećoj strani)

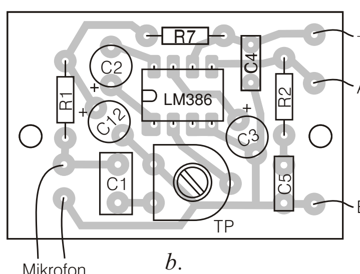


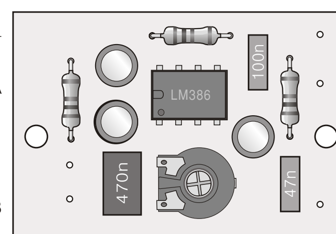
Slika 2.7-c

Na pločici nema kondenzatora C9 i C10. Oni, kao što je već rečeno, nisu neophodni. Ako se, ipak, ukaže potreba, skratite kalemsko telo, pomerite kalem u desno i ova dva kondenzatora ubacite u prostor između kalema i otpornika R3. Njihove donje krajeve spojite sa masom pomoću komada izolovane žice.

Štampana pločica NF dela predajnika sa slike 2.6 prikazana je na slici 2.8. Iskorišćena je posebna pločica da bi pojačavač mogao da se koristi i za testiranje drugih predajnika, koji će biti opisani kasnije. Jednosmerni napon na izlazu ovog pojačavača, između nožice 5 i mase, je jednak polovini jednosmernog napona na nožici 6, a ovaj je jednak naponu baterije. O tome mora da se vodi računa da bi kondenzator za spregu sa sledećim stepenom (C7 na slici 2.6), bio ispravno povezan, tj. da bi njegov pozitivan kraj bio spojen sa tačkom u kojoj je napon veći. Na slici 2.6, jednosmerni napon na nožici 5 je +4,5 V a na emiteru tranzistora je +1,2 V, pa je sa nožicom 5 spojen pozitivan kraj kondenzatora.







a.

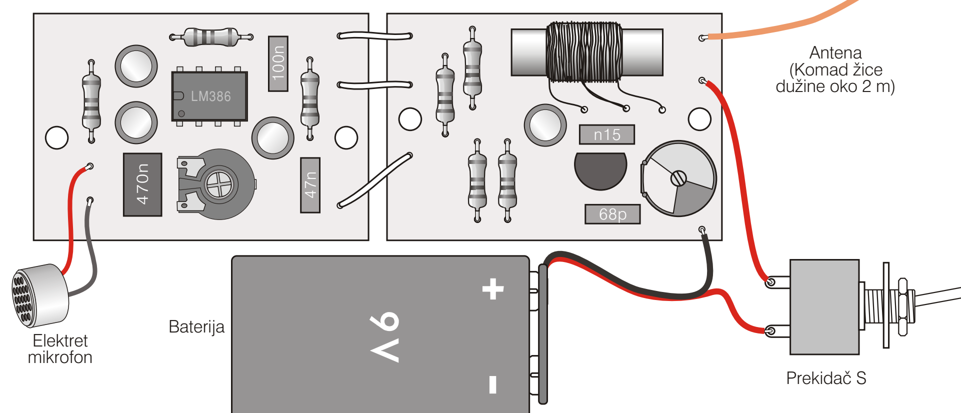
b.

c.

Slika 2.8. Štampana pločica pojačavača sa slike 2.6: a - pogled na stranu bakra, b - pogled na stranu komponenata, c - kompletna pločica

Izgled kompletnog AM predajnika sa slike 2.6 je na slici 2.9. Štampane pločice sa NF pojačavačem i oscilatorom, spojene su međusobno pomoću tri žice. Antena je komad izolovane žice dužine oko 2 m. Obe pločice, mikrofon i bateriju treba smestiti u neku kutiju, na čijoj prednjoj strani je otvor (nekoliko rupa) kroz koji zvuk može da dođe na mikrofon i još dva otvora kroz koje odvrtkom mogu da se podešavaju trimer potenciometar i trimer kondenzator. Na bočnoj strani kutije se montira prekidač, a na gornjoj buksna za priključenje antene.

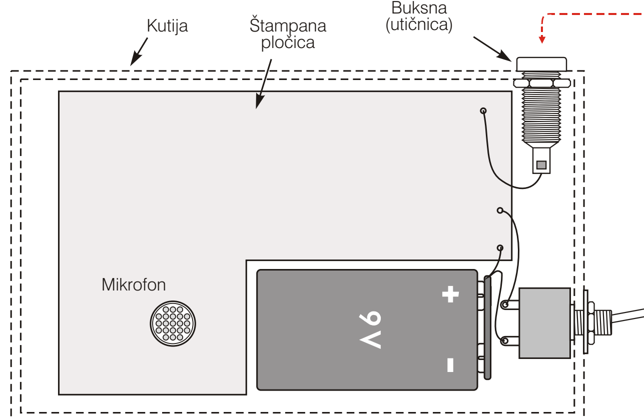
Uz malo veštine, ceo predajnik sa slike 2.9 može da se smesti u relativno malu kutiju. Ipak, pravo profesionalno rešenje je jedinstvena štampana ploča na kojoj su sve komponente uređaja, osim onih koje se montiraju na kutiju. Dakle, ako rešite da ovaj predajnik napravite kao kompletan uređaj koji ćete praktično da koristite, napravite novo štampano kolo na kome su sve komponente predajnika. Kao inspiracija može da vam posluži rešenje na slici 2.10.



Slika 2.9. Kompletan AM predajnik sa slike2.6

Projektovanje i izrada štampane pločice detaljno su opisani u knjizi "Praktična realizacija elektronskih uređaja". Izrada štampane pločice po gotovom crtežu opisana je u 5. glavi ove knjige.

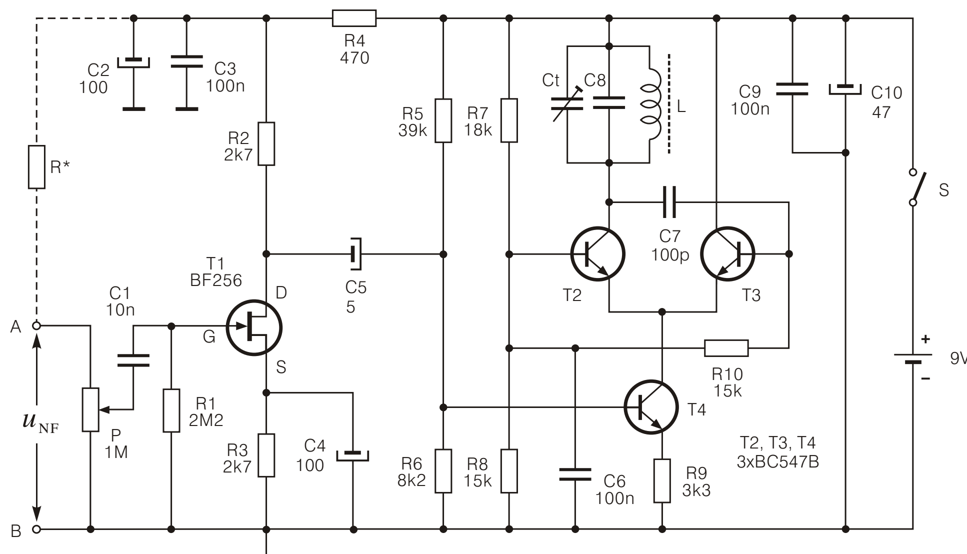




Slika 2.10. Predajnik sa slike 2.6 u kutiji

2.2. Radio-mikrofon

Pre više godina, autoru ove knjige, koga ćemo u tekstu koji sledi zvati A, obratio se jedan prijatelj, koga ćemo zvati P, sa molbom da mu na radio-prijemniku napravi priključak za mikrofon. To je, objašnjavao je P, odličan radio, sa izvanrednim zvukom, ali nema nikakav priključak preko koga bi mogao da mu se priključi mikrofon, gramofon i nešto slično. Što da ne, rekao je A, u tom radiju sigurno ima mesta za jedan mali pretpojačavač, a na zadnjoj strani kutije montiraćemo neku utičnicu. A može li, nastavlja P, da kabl za taj mikrofon bude dugačak deset metara. Deset metara, začudio se A. Deset, potvrdio je P, tako da mikrofon postavim u dečjoj sobi a ja u dnevnoj sobi, s vremena na vreme, preko radija proverim da li je sve u redu. Može to i bez kabla, kaže A, imajući u vidu predajnik iz prethodnog poglavlja. Bez kabla, sumnjičavo će P, da li tako, BEZ kabla, mogu da priključim i gramofon ili kasetofon ili , to bi bilo baš dobro, električnu gitaru. Može, hladno odgovara A, ali mu je jasno da predajnik na koji je pomislio neće biti dobar, jer dobro zna da P, kao veliki ljubitelj muzike, sigurno očekuje i vrlo kvalitetnu reprodukciju. I tako se došlo do rešenja koje je prikazano na slici 2.11. To je AM predajnik koji se popularno naziva radio mikrofon, odnosno bežični mikrofon.

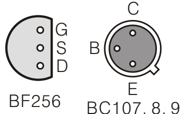


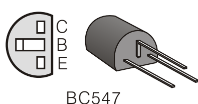
Slika 2.11. Radio-mikrofon

Predajnik sa slike 2.6 nije dovoljno dobar za ovu primenu jer kod njega nije moguće ostvariti stopostotnu (m=1) dubinu modulacije. To nije veliki nedostatak. Mnogo gore je to što obvojnica AM signala nije verna slika modulišućeg signala, što znači da pri prenosu dolazi do pojave izobličenja, koja bi P odmah zapazio.

T1 - 2N3819,
BF256

T2, T3, T4 - BC184L,
BC547
BC107







Glavna dobra osobina AM predajnika sa slike 2.11 je baš u tome što su kod njega pomenuta izobličenja veoma mala, i ne mogu da se zapaze sluhom.

Modulišući signal u_{NF} se dovodi na potenciometar za regulaciju nivoa P, kojim se podešava veličina dubine modulacije. Zatim sledi pojačavač sa FET-om, sa koga se pojačani NF signal, preko sprežnog kondenzatora C5, vodi na bazu tranzistora T4. Ovaj tranzistor služi kao strujni generator tranzistora T2 i T3 koji su aktivni elementi VF oscilatora. Pod dejstvom u_{NF} menja se struja kroz T4 i ostvaruje linearna (bez izobličenja) amplitudska modulacija.

Minimalna veličina signala u_{NF} koji se dovodi na potenciometar je oko 10 mV, a maksimalna oko 10 V. To znači da na ulaz može

da se priključi većina mikrofona, gramofonskih glava, kasetofona, CD plejera i sl.

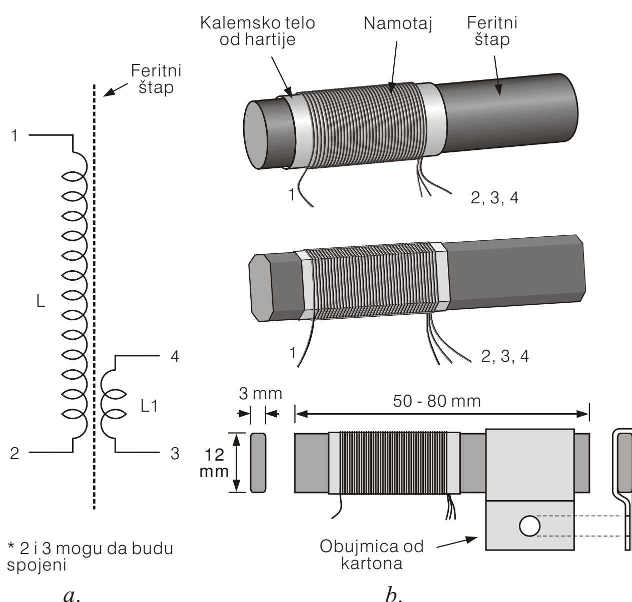
Otpornik R* se koristi samo u slučaju kada se između tačaka A i B priključuje elektret mikrofon. Njegova otpornost je nekoliko kilooma. Ako se želi izuzetno velika osetljivost (prenos izuzetno tihih zvukova), elektret mikrofon se priključuje preko kola prikazanog na slici 2.12. Šema pojačavača sa tranzistorom T1 može da bude znatno jednostavnija, sa svim prednostima, ali i nedostacima, jednostavnih rešenja. Desni kraj otpornika od 470 se povezuje sa tačkom za koju je spojen levi kraj otpornika R4 na slici 2.11.

Ovaj predajnik kao emisionu antenu koristi kalem namotan na feritnom štapu. Takav isti kalem se, pod imenom feritna antena, koristi u prenosnim AM radio-prijemnicima, o čemu je bilo više reči u knjizi "Radio-prijemnici". Na slici 2.13 su prikazani simbol kojim se feritna antena prikazuje na električnim šemama i dva oblika feritnog štapa sa kalemovima. Ova dve feritne antene su izvađene iz rashodovanih radio-prijemnika, što će i čitaoci verovatno morati da urade, jer one spadaju u komponente koje ne mogu da se kupe u prosečnim prodavnicama elektronskog materijala.

Slika 2.12. Predpojačavač za elektret mikrofon

U predajniku može da se, kao kalem L, koristi i feritna antena izvađena iz rashodovanog prijemnika, jedna od onih sa slike 2.13 ili neka slična. U tom slučaju koriste se krajevi označeni sa 1 i 2. Kraj 1 se lako nalazi, to je onaj "usamljeni" kraj. Kraj 2 treba pronaći pomoću om-metra.

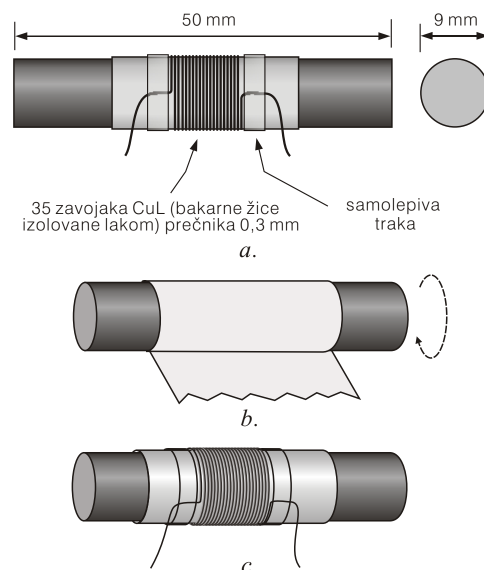
Ako se poseduje feritni štap, feritna antena može da se namota. Broj zavojaka zavisi od dimenzija štapa: veći štap - manje zavojaka. Prema dimenzijama štapa na slici 2.14, kalem L ima 35 zavojaka bakarne žice prečnika 0,3 mm. Ako je prečnik kalema manji, broj zavojaka treba povećati. Na primer, ako je prečnik oko 6 mm, broj zavojaka je oko 45. Ako je štap znatno duži od 50 mm, treba ga skratiti. To se radi tako što se na štapu pomoću turpije ureže kanal i on, zatim, polomi na dva dela.



Slika 2.13. Feritna antena: a - simbol, b -i zgled

Feritni štap se pričvršćuje na štampanu ploču pomoću dve obujmice od kartona (kao na donjem delu slike 2.13) i dva mala zavrtnja. Moguće je i da se štap zalepi, ili jednostavno veže za ploču pomoću dva komada kanapa. Vezivanje ne sme da se vrši komadima žice jer bi oni delovali kao navojci dodatnog kalema.

Feritna antena ima usmereno zračenje, i kada se koristi kao prijemna i kao predajna antena. Ona najviše energije emituje (ili prima) u pravcu (iz pravca) koji je normalan na osu štapa. Zbog toga se, u našem slučaju, optimalan prenos podešava i tako što se predajnik i prijemnik tako postave da su im ose feritnih štapova paralelne.



Slika 2.14. Motanje kalema L sa slike 2.11

Domet predajnika sa feritnom antenom je ograničen na svega desetak metara, što je za pominjanog P-a bilo dovoljno u početku. Međutim, posle nekoliko meseci, kad je stiglo leto, on je izrazio želju da se domet predajnika poveća, tako da program koji on emituje može da se sluša na prijemniku u bašti, u kojoj je P, u hladovini drveta, voleo da se odmara. Može li to da se izvede, pitao je on. Vrlo jednostavno, odgovorio je A, dodaćemo i spoljnu antenu. To je bio komad izolovane bakarne žice, dužine oko 2 m, čiji je jedan kraj zalemljen za stopicu u kojoj je zalemljen kolektor T2.

Kada se koristi spoljna antena, kao kalem L može da se koristi i kalem sa slike 2.5-b ili 2.5-c, koji su jednostavniji i imaju manje dimenzije.

Učestanost predajnika je jednaka rezonantnoj učestanosti paralelnog oscilatornog kola koje obrazuju kalem L i njemu paralelno vezani kondenzatori. Ali, kao što je već isticano, paralelno kalemu L nisu vezani samo kondenzatori *C*t i C8. Vezane su i tzv. preslikane kapacitivnosti veza između komponenata, međuelektrodnih kapacitivnosti tranzistora i sl., a tu je i kapacitivnost samog kalema itd. Sve ove kapacitivosti, koje smo u prethodnim obrascima zajedno označavali sa C_x, su nepoznate veličine, čija vrednost može da se pretpostavi i izvrše potrebni proračuni. Greška koje se pri tome napravi kompenzuje se pomoću trimer kondenzatora.

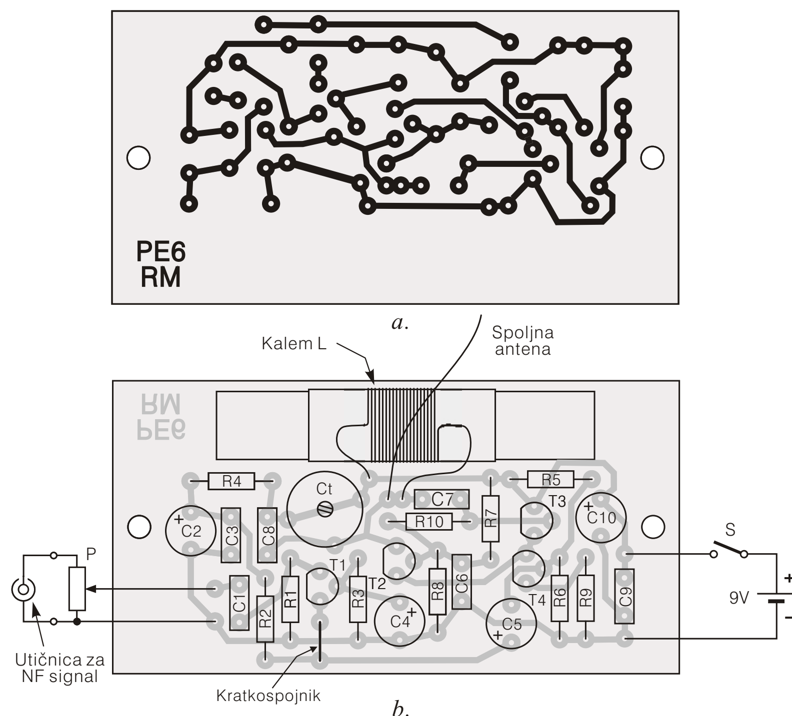
Ako posedujete ranije pominjani trimer kondenzator čija kapacitivnost može da se menja u granicama od 5,5 pF do 65 pF, tada kondenzator C8 može da se izostavi. Sa trimerima koji imaju manju kapacitivnost, treba koristiti i C8. Njegova kapacitivnost je u granicama od nekoliko desetina do više desetina pikofarada, potrebna vrednost se nalazi eksperimentom.

Za podešavanje predajnika potreban je AM srednjetalasni radio-prijemnik. On se uključi i podesi na neko prazno mesto na skali (mesto na kome ne radi nikakav profesionalni predajnik), negde oko 1 MHz, a dugme potenciometra za regulaciju jačine se okrene skoro do kraja, tako da se iz zvučnika čuje prilično jako šuštanje. Ako se, pored šuma, sasvim slabo čuje i neka stanica, to ne smeta. Uključi se predajnik, bez NF signala na ulazu i pažljivo vrti rotor trimer kondenzatora. Učestanost predajnika se menja, raste ako smanjujete kapacitivnost ili opada ako povećavate kapacitivnost, i kada postane jednaka učestanosti na koju je podešen prijemnik, šum (i program stanice, ako ga je bilo) će nestati. To se je desilo zbog toga što se pojačanje prijemnika znatno smanjilo, usled dejstva kola za automatsku regulaciju pojačanja. Stavite klizač potenciometra P u krajnji gornji položaj i pipnite vrhom prsta levi kraj kondenzatora C1. U zvučniku radio-prijemnika treba da se čuje snažno brujanje. To je ton učestanosti 50 Hz, koji potiče od električnog napona koji se u čovečijem telu indukuje pod dejstvom električnog polja koje stvara kućna električna instalacija. (To je ton koji se čuje u zvučniku audio-pojačavača kada se vrhom prsta dodirne njegov ulaz).

Na ulaz predajnika, između tačaka A i B, se dovede neki NF signal (sa priključka za slušalice kasetofona, vokmena, CD-a i sl.). Zatim se radio-prijemnik fino podesi na predajnik, njegov potenciometar za regulaciju jačine stavi u normalan položaj i, pomoću potenciometra P u predajniku, podesi optimalna dubina modulacije.

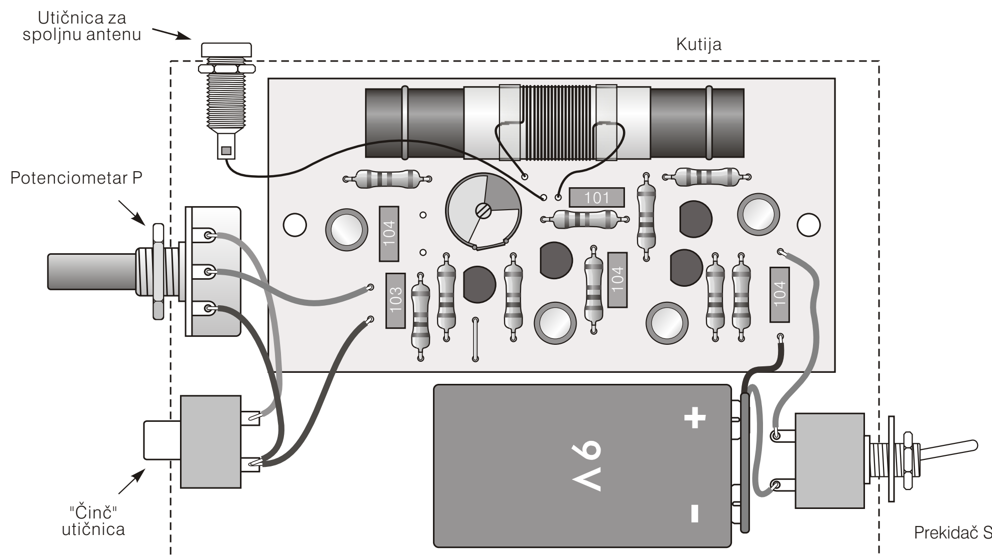
Kada se koristi feritna antena, predajnik se smešta u kutiju od plastike, drveta ili nekog drugog izolacionog materijala, koji ne predstavlja prepreku za elektromagnetni talas koji emituje antena. Ako se koristi kalem sa slike 2.5-b ili 2.5-c, i spoljna antena, predajnik može da se smesti u metalnu kutiju, što je bolje rešenje. U tom slučaju, masu uređaja treba spojiti sa kutijom.

Štampana pločica je prikazana na slici 2.15, gore je izgled pločice sa strane bakarnih linija, a dole sa suprotne strane na kojoj se montiraju komponente. Korišćeni su otpornici snage 0,25 W kod kojih je rastojanje između savijenih nožica oko 10 mm i kondenzatori sa rastojanjem između nožica oko 5 mm. Radni napon kondenzatora treba da je veći od 18 V. Ako se koriste kondenzatori sa većim rastojanjima između nožica, štampano kolo treba prepraviti, za šta je ostavljeno dovoljno mesta. To važi i za trimer-kondenzator.



Slika 2.15. Štampana ploča predajnika sa slike 2.11: a - strana lemljenja, b - strana komponenata

Na slici 2.16 je prikazan crtež kompletnog predajnika. Na bočnim stranama kutije u koju je smešten uređaj namontirani su buksna (utičnica) za priključenje spoljne antene, činč , ili neka druga, utičnica preko koje se priključuje izvor modulišućeg signala, potenciometar P za podešavanje dubine modulacije i prekidač S. Na ovoj slici se vidi da na pločici nema kondenzatora C8. On nije potreban ako trimer kondenzator ima maksimalnu kapacitivnost od više desetina pikofarada, a dodaje se ako je kapacitivnost trimera znatno manja. Najjednostavnije, podešavanje rezonantne učestanosti može da se obavi ako se umesto trimera i C8 koristi promenljivi kondenzator sa slike 2.4.



Slika 2.16. Praktična realizacija AM radio-predajnika sa slike 2.11

Struja koju predajnik vuče iz baterije od 9 V je oko 5 mA. Struja koju vuče oscilator može da se poveća (time se povećava snaga predajnika) smanjivanjem otpornosti otpornika R5. To se najlakše ostvaruje tako što se paralelno otporniku veže trimer-potenciometar otpornosti nekoliko stotina kilooma (jedan kraj za gornji kraj otpornika, a klizač za donji kraj otpornika). Klizač se pomera dok se ne ostvari potrebna vrednost struje, potenciometar se odlemi i izmeri se njegova otpornost, od klizača do korišćenog kraja i u kolo zalemi otpornik tolike (približno) otpornosti. Ovaj otpornik se lemi, na strani štampe, u stopice u koje su zalemljeni krajevi R5. Lepše rešenje je da se R5 izvadi iz štampanog kola, i umesto njega zalemi drugi otpornik čija se veličina pronađe pomoću trimer-potenciometra. Promena struje oscilatora može da se ostvari i promenom otpornosti otpornika R9: manja otpornost - veća struja, i obrnuto.

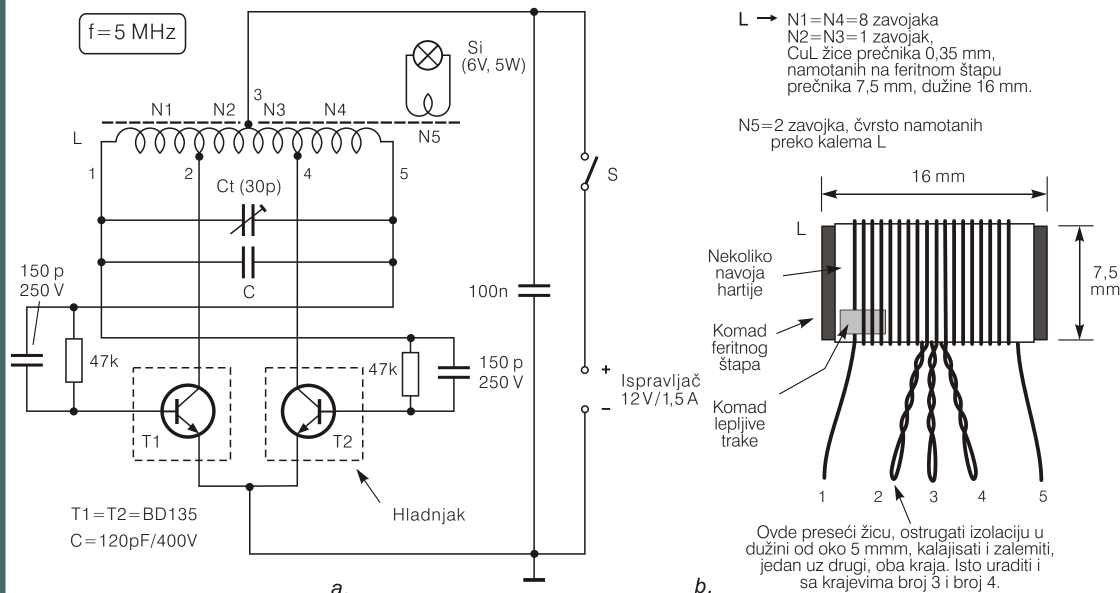
2.3. Oscilator velike snage

Predajnici opisani u prethodnim projektima imaju snagu koja je, pošto oni nemaju pojačavač snage, jednaka snazi oscilatora. Ta snaga je samo oko stotinak milivata, pa je i domet radio-veze koja pomoću njih može da se ostvari relativno mali. On može da se, u određenoj meri, poveća upotrebom duže antene, ali značajnije povećanje može da se ostvari samo korišćenjem oscilatora veće izlazne snage. Električna šema takvog jednog oscilatora izlazne snage oko 5 W koji radi na učestanosti 5 MHz prikazana je na slici 2.17-a.

To je oscilator u tzv. simetričnom (protivtaktnom) spoju, sa dva uparena tranzistora. Veza je tako ostvarena da za vreme jedne poluperiode VF napona struja kroz jedan tranzistor raste, a kroz drugi se smanjuje. Za vreme sledeće poluperiode je obrnuto, struja kroz prvi tranzistor se smanjuje, a kroz drugi raste. Zbog toga je napon na oscilatornom kolu dva puta veći, nego što bi bio da radi samo jedan tranzistor, a dva puta veći napon zanači da je snaga veća četiri puta. Iskorišćeni su snažni tranzistori BD135 koji su montirani na hladnjake.

Na slici 2.17-b je prikazan kalem oscilatora (L). On je namotan na komadu feritnog štapa kružnog preseka, dužine 16 mm i prečnika 7,5 mm, koji se dobija, ranije opisanim, lomljenjem feritne antene izvađene iz nekog kućnog rashodovanog AM radio-prijemnika. Koristi se bakarna žica izolovana lakom prečnika oko 0,35 mm. Preko feritnog štapa se namota i zalepi nekoliko slojeva hartije, Početak žice se zalepi komadom lepljive trake, namota osam zavojaka i, na ranije opisan način, napravi izvod, koji je obeležen brojem 2. Zatim se namota još jedan zavojak i napravi izvod broj 3, pa još jedan zavojak i izvod broj 4. Posle još osam zavojaka, kraj žice se takođe fiksira komadom lepljive trake (koji se na slici 2.17-b ne vidi jer je sa druge strane).

Postoji još jedan kalem, koji je na slici 2.17 obeležen sa N5. On ima samo dva zavojka bakarne žice prečnika 1 mm ili više, a namotan je preko kalema L. Njegovi krajevi su zalemljeni za automobilsku sijalicu (Si) napona 6 V i snage 5 W.



Slika 2.17. Oscilator snage 5 W: a - električna šema, b - kalem L

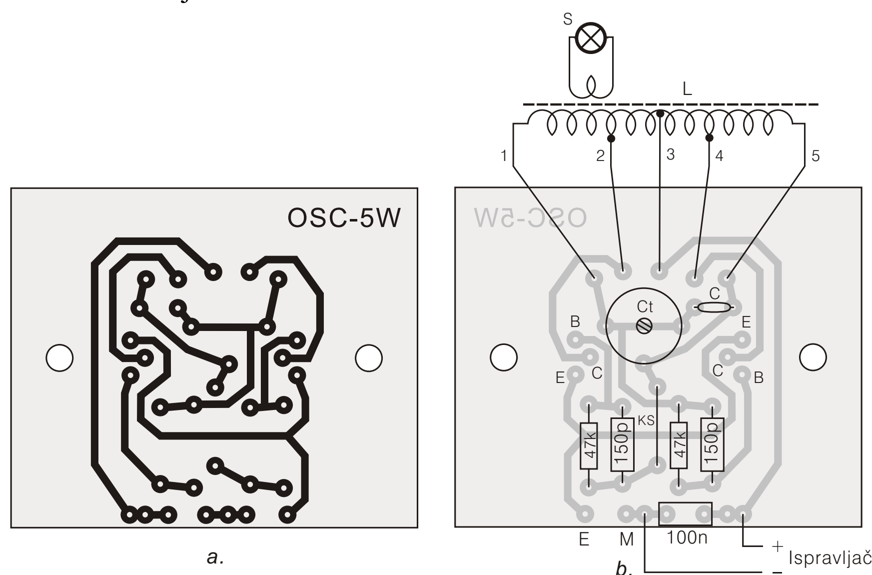
Korišćenje sijalica (naročito sijalica većih snaga) je veoma omiljeno među radio-amaterima, jer su to najjeftiniji otpornici vrlo velikih snaga. Pored toga, to su otpornici koji na najefektniji mogući način, sijanjem, pokazuju da kroz njih teče struja, čija veličina može da se približno proceni na osnovu usijanosti zagrevnog vlakna. Na primer, sijalica za kućnu upotrebu snage 70 W ima otpornost

$$R=U^2/P=220^2/70=690 \quad .$$

Postoji otpornik snage 70 W, ali je njegova cena mnogo (bar deset puta) veća od cene obične sijalice od 70 W. Pri korišćenju sijalice treba imati u vidu da je ona PTC otpornik, tj. otpornik čija otpornost raste pri porastu temperature vlakna. Promena otpornosti je vrlo velika, tako da je otpornost sijalice koja svetli punim sjajem znatno veća od otpornosti sijalice kad kroz nju teče vrlo mala struja. (Obično je otpornost sijalice koja svetli punim sjajem deset do dvadeset puta veća od otpornosti kada kroz sijalicu ne teče nikakva struja.)

Na slici 2.17, kalem N5 i kalem L obrazuju VF transformator, pa kad postoji VF napon na kalemu L, postoji i na kalemu N5 i, kada oscilator radi kako treba, sijalica svetli. To znači da pri bilo kakvim promenama na oscilatoru (drugi napon napajanja, drugi tranzistori, druge vrednosti otpornosti otpornika itd.) treba se truditi da sijalica svetli sa što većim sjajem, jer je to siguran znak da je snaga oscilatora veća.

Štampana pločica je prikazana na slici 2.18. Levo je pogled na stranu lemljenja a desno na stranu komponenata. Na donjoj slici treba zapaziti da je bakarna linija koja spaja emitere sa masom prekinuta. Da bi oscilator mogao da radi (u cilju provere, merenja i sl.), treba komadom žice spojiti tačke E i M. Inače, između tačaka E i M se dovodi modulišući signal, o čemu će kasnije biti reči.



Slika 2.18 Štampana pločica oscilatora sa slike 2.17: a - strana lemljenja, b - strana komponenata

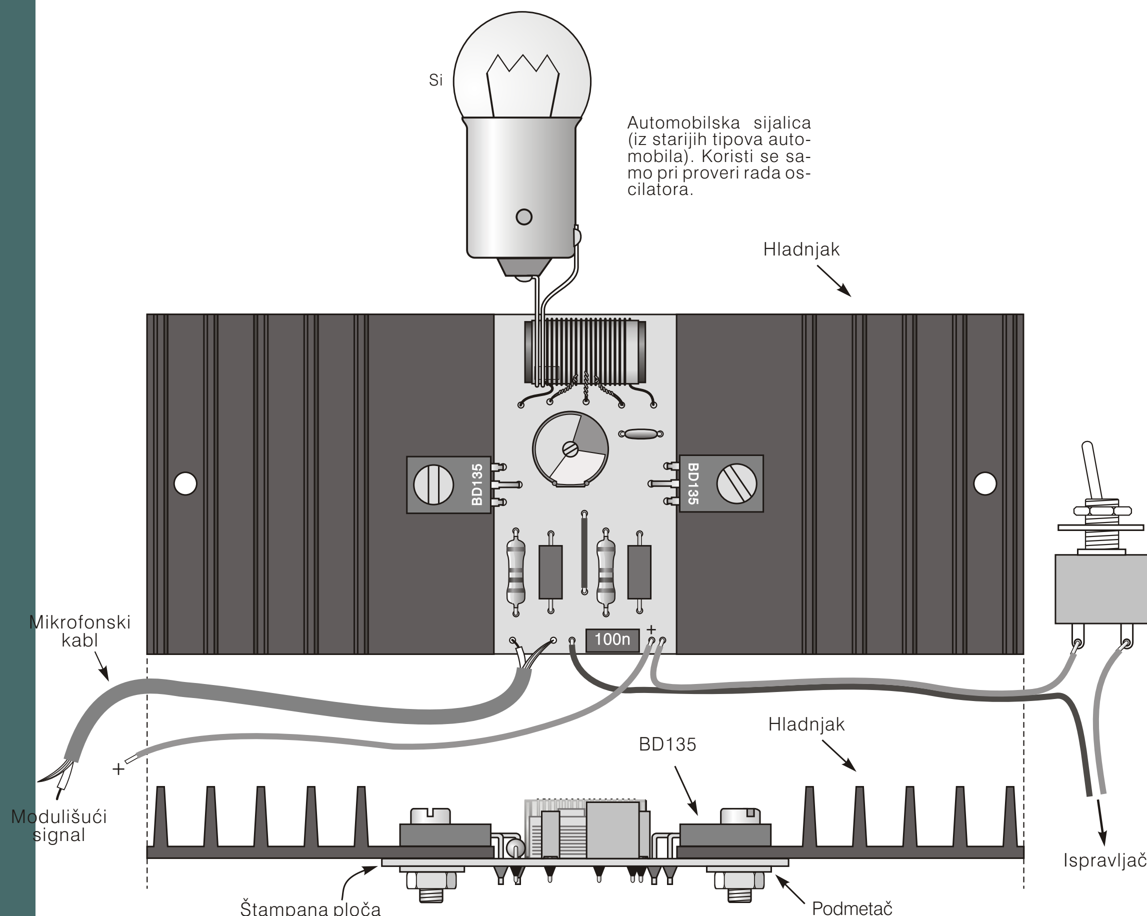
Dve rupe prečnika 4 mm na štampanoj ploči se buše kasnije, kada se zaleme nožice tranzistora i hladnjaci postave na svoja mesta. Tada se one obeleže kroz rupe na haldnjacima, hladnjaci se sklone i rupe izbuše. Zatim se hladnjaci vrate na svoja mesta, zavrtnji proture kroz obe rupe, stave se podmetači i obe matice ušrafe i pritegnu. Pri tome treba obratiti

pažnju da podmetač ispod matice zavrtnja kojim je pritegnut tranzistor T2 (desni na slici 2.19), ne dodirne susednu bakarnu liniju. Ako se to ipak desi, između podmetača i štampane pločice mora da se ubaci još jedan podmetač, od kartona ili nekog drugog izolacionog materijala neosetljivog na povećanje temperature.

Na slici 2.18-b treba zapaziti da je iskorišćen i jedan kratkospojnik (KS), komad žice kojim su spojene stopice povezane sa donjim krajem kondenzatora od 150 pF i donjim krajema trimera Ct.

Na slici 2.19 je crtež gotovog uređaja. Veza sa izvorom NF signala kojim se ostvaruje modulacija je preko oklopljenog mikrofonskog kabla. Ako ova veza nije duža od desetak centimetara, umesto kabla mogu da se koriste obične bakarne žice.

* Učestanost oscilatora, prema Tomsonovom obrascu, određuju induktivnost kalema L i ukupna kapacitivnost vezana u paralelu sa kalemom. Sa opisanim kalemom učestanost je 5 MHz, ako je ukupna kapacitivnost oko 140 pF. Ta vrednost se ostvaruje sa C=120 pF i trimerom čija je maksimalna kapacitivnost oko 30 pF. Sa trimerom drugačije kapacitivnosti



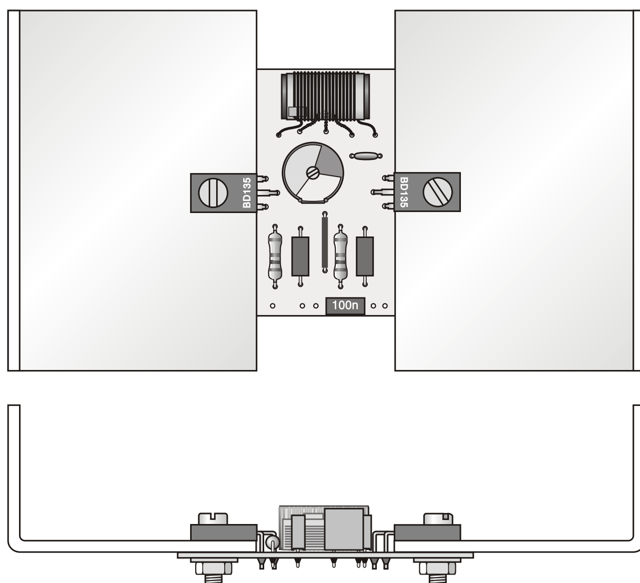
Slika 2.19 Praktična realizacija oscilatora sa slike 2.17: gore - pogled odozgo, dole - pogled sa strane

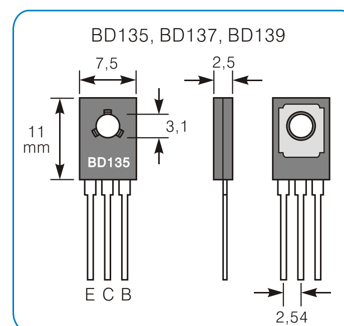
biće potreban i kondenzator C drugačije kapacitivnosti. Trimer je neophodan za fino podešavanje učestanosti, zbog uticaja, već pominjanih, štetnih kapacitivnosti, koje su drugačije od primerka do primerka uređaja.

* Značajnija promena učestanosti oscilatora se ostvaruje značajnijom promenom induktivnosti ili kapacitivnosti oscilatornog kola, ali je najbolje da se obe, i induktivnost i kapacitivnost, povećaju (što dovodi do smanjenja učestanosti) ili smanje (što dovodi do povećanja učestanosti). Prema Tomsonovoj formuli, ako se i induktivnost i kapacitivnost povećaju (ili smanje) X puta, učestanost će se smanjiti (ili povećati) X puta. Na primer, ako se i induktivnost i kapacitivnost povećaju 4 puta, učestanost će se smanjiti 4 puta. Promena induktivnosti se ostvaruje promenom ukupnog broja zavojaka kalema. Pri tome mora da je N1=N4 i N2=N3, kao i da je N1=8N2. Na primer, četiri puta veća induktivnost se ostvaruje (približno) sa dva puta većim brojem zavojaka, pa je N1=N2=16 zavojaka i N2=N3=2 zavojka.

* Na slici 2.19 su iskorišćena dva hladnjaka koja su bila "pri ruci". Umesto njih mogu de se koriste bilo kakvi slični fabrički izrađeni hladnjaci, a ako takvi nisu na raspolaganju, mogu da se koriste i hladnjaci koji se prave od aluminijumskog lima debljine 2 mm, ili veće, u obliku latiničnog slova L. Oni se montiraju na isti, već opisan, način, kao što je to prikazano na slici 2.20.

* Učestanost oscilatora sa slike 2.17 (5 MHz) je u tzv. pomorskom opsegu (Marine Band), predviđenom za održavanje veza između brodova, a oscilator je korišćen u predajniku koji se naziva Tracking Transmitter. To je predajnik koji emituje isprekidani NF signal učestanosti nekoliko stotina herca, koji okolnim prijemnicima omogućuje lociranje položaja objekta na kome je predajnik postavljen.





Gornji crtež je u razmeri 1:1.

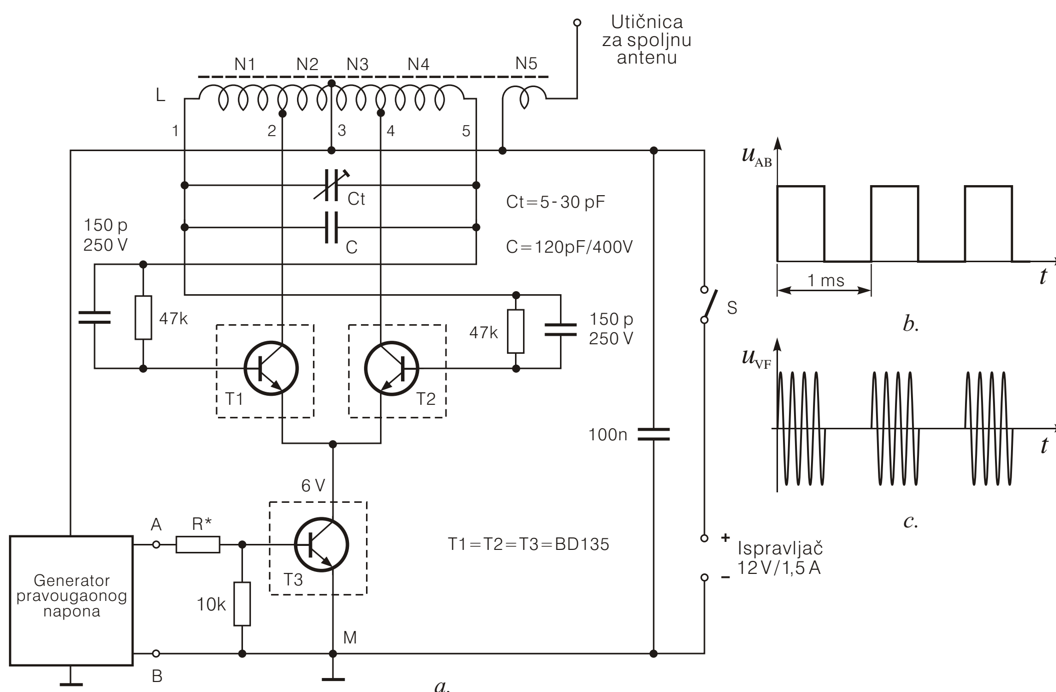


Slika 2.20. Oscilator sa hladnjacima iz "kućne radinosti"

* U predajniku na slici 2.17 se koristi feritna antena. Znatno veći domet može da se ostvari korišćenjem spoljne antene u obliku žice dužine oko dva metra. Ona se priključuje na isti način kao i sijalica kojom se proverava rad oscilatora. Čvrsto preko kalema L se namota još jedan kalem sa nekoliko puta manje zavojaka (recimo sa šest). Jedan kraj tog kalema se, kao što je prikazano na slici 2.21, spoji sa pozitivnim krajem baterije, ili (što je bolje) sa masom, a drugi sa utičnicom sa kojom se spaja spoljna antena u obliku žice dužine oko dva metra.

2.3.1. AM predajnik sa oscilatorom velike snage

Amplitudska modulacija snažnog oscilatora može da se ostvari tako što se na slici 2.17 napravi prekid između emitera i mase i između njih poveže još jedan tranzistor (T3), kao što je prikazano na slici 2.21. Sada tranzistori T1 i T2 obrazuju diferencijalni pojačavač sa tranzistorom T3 kao strujnim izvorom. Jednosmerna kolektorska struja T3 je tako podešena da je jednosmerni napon na kolektoru ovog tranzistora (između kolektora i mase) približno jednak polovini napona baterije, što u konkretnom slučaju iznosi 6 V. Kada se između baze i mase ovog tranzistora pojavi modulišući NF signal (u_{NF}), ovaj signal se pojačan dobija na kolektoru (između njega i mase), i ukupni napon na kolektoru se menja oko jednosmerne



Slika 2.21. AM predajnik sa snažnim oscilatorom

veličine od 6 V: za vreme jedne (negativne) poluperiode NF signala napon na kolektoru je veći od 6 V, a za vreme sledeće (pozitivne) manji od 6 V. U idealnim uslovima, sa dovoljno velikim NF signalom može da se ostvari da se napon na kolektoru T3 menja u granicama od nule do 12 V. U tom slučaju, napon napajanja oscilatora (T1, T2 i ostale komponente iznad kolektora T3) se menja u granicama od nule (kada je napon na kolektoru T3 jednak 12 V) do 12 V (kad je napon na kolektoru T3 jednak nuli). Efekat ove promene napona na kolektoru T3

na rad oscilatora na slici 2.21 je isti kao kada bi se na slici 2.17 napon ispravljača menjao u granicama od nule do 12 V. Usled toga, amplituda napona oscilatora nije konstantna, već se menja u skladu sa trenutnom veličinom signala u_{NF}, odnosno ostvarena je amplitudska modulacija. Ovakav predajnik će biti opisan kasnije.

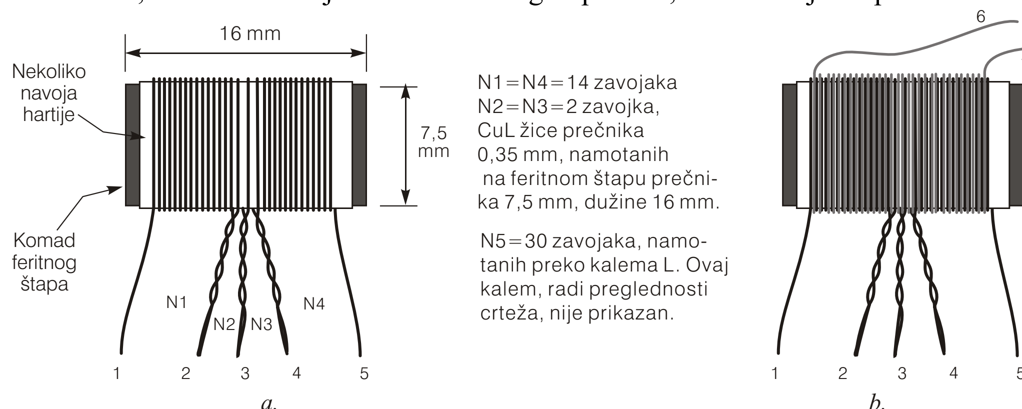
* Što se tiče praktične realizacije, važi sve što je rečeno u prethodnom odeljku, i oscilator se realizuje kao na slici 2.19. Za tranzistor T3 (koji se takođe montira na poseban hladnjak) i ostale komponente oko njega, pravi se posebna štampana pločica, koja se sa što kraćim žicama spaja sa pločicom na slici 2.19. Potrebne su tri žice: jednom se spaja kolektor T3 sa emiterima T1 i T2, drugom masa druge pločice sa tačkom M i trećom bakarna linija na koju treba dovesti pozitivan kraj izvora za napajanje sa stopicom koja se na slici 2.19 nalazi desno od komdenzatora od 100 nF.

* Na slici 2.21-a je električna šema pominjanog Tracking Oscilator-a. U generatoru četvrtastog napona se stvara napon koji je prikazan na slici 2.21-b. Ovaj napon čija je amplituda nekoliko volti, a stvara se pomoću dva NI ili NILI kola, se vodi na bazu T3. Za vreme dok ovaj napon postoji, tranzistor T3 je u zasićenju i napon na njegovom kolektoru je 0 V. Za to vreme oscilator radi kao oscilator na slici 2.17. Za vreme dok je napon na izlazu generatora jednak nuli, T3 je zakočen (ne provodi struju) i oscilator ne radi. Sve u svemu, oscilator stvara VF napon kao na slici 2.21-c. U zvučniku prijemnika podešenog na ovaj predajnik čuje se ton učestanosti 1 kHz. Zapazite da ovaj predajnik ne radi stalno, već u intervalima, što obezbeđuje duži vek baterije za napajanje.

2.3.2. Srednjetalasni AM predajnik velike snage

Snažan oscilator iz prethodnog poglavlja može da se koristi i na drugim talasnim opsezima. Šema ostaje ista, a menjaju se vrednosti induktivnosti kalema i kapacitivnosti kondenzatora koji su vezani paralelno kalemu. Kao primer, na slici 2.22 je prikazan kalem ST (srednjetalasnog) predajnika koji radi na učestanosti f=1,6 MHz, a čija je kompletna električna šema prikazana na slici 2.23.

Kalem je namotan na komadu feritnog štapa čija je dužina 16 mm, okruglog preseka, prečnika 7,5 mm. Ovaj komad je dobijen odlamanjem od dužeg feritnog štapa koji je izvađen iz rashodovanog radio-prijemnika, o čemu je već bilo reči u tekstu u vezi sa slikama 2.13 i 2.14. Ako je feritni štap kojim vi raspolažete drugačijih dimenzija, to ne treba da vas brine, učestanost oscilatora ćete podesiti na potrebnu veličinu jednostavnom promenom veličine kapacitivnosti kondenzatora vezanih u paralelu sa kalemom. Na slici 2.23, to su kondenzatori Ct i C4. Dakle, ako je komad feritnog štapa koji vi koristite drugačijih dimenzija od dimenzija komada na slici 2.22, ne treba menjati broj zavojaka. Ako su dimenzije manje, induktivnost će biti manja i to se nadoknađuje povećanjem kapacitivnosti C4. Obrnuto, ako su dimenzije komada feritnog štapa veće, treba smanjiti kapacitivnost C4.



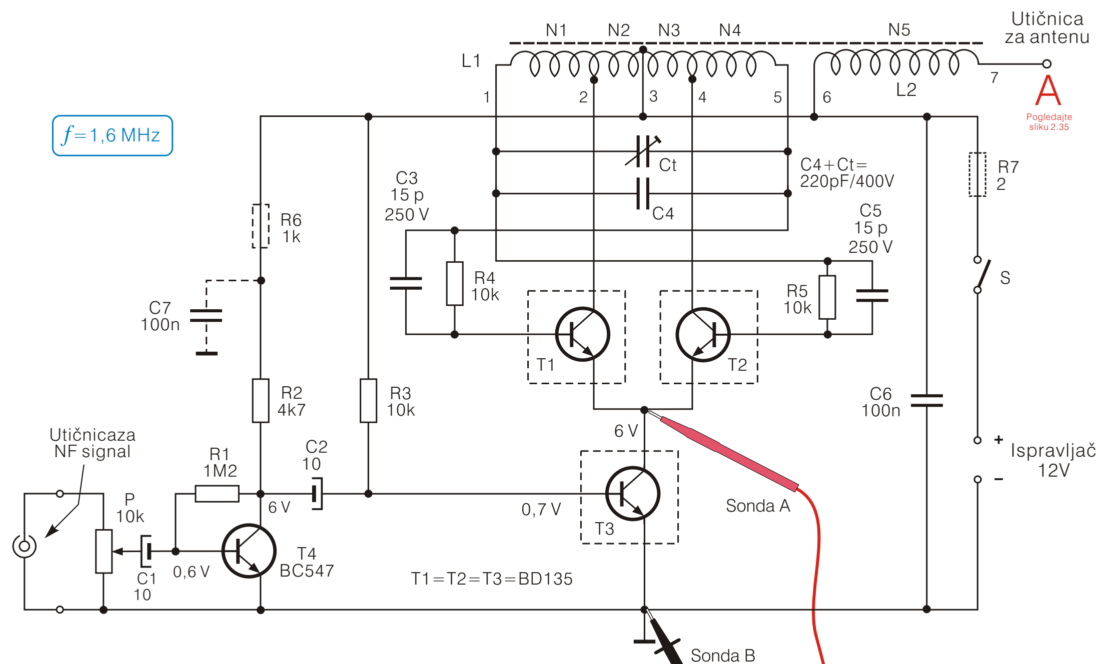
Slika 2.22. Kalem predajnika sa slike 2.23: a - bez antenskog kalema L5, b - kompletan

U oba slučaja, podešavanje se vrši na gotovom uređaju, o čemu će kasnije biti reči.

Na slici 2.22-a je prikazan kalem na kome nije nacrtan i antenski kalem L5. To je učinjeno samo zato da bi crtež bio pregledan. Zapazite da se žica mota stalno u jednom smeru. Kada bi kalem gledali sa desne strane, smer motanja je u smeru kretanja kazaljki na satu. Izvodi se, na ranije opisani način (videti sliku 2.5b), prave posle četrnaestog, šesnaestog i osamnaestog zavojka, a ukupan broj zavojaka je tridesetdva. Početak i kraj žice se fiksiraju komadima samolepive trake (selotejpa), kao na slici 2.14a. Ove trake, i sada zbog preglednosti crteža, nisu prikazane na slici 2.22.

Kompletan kalem je prikazan na slici 2.22-b: preko kalema L1 sa slike 2.22a je namotan i kalem L2. Ovaj kalem ima 30 navojaka bakarne žice izolovane lakom (CuL) prečnika 0,35 mm. Istom žicom motan je i kalem L1. Prečnik žice nije kritična veličina, može da se koristi i tanja i deblja žica.

Kalem se na svoje mesto na štampanoj pločici lepi pomoću barsila ili nekog sličnog epoksidnog lepka. Ako je jedna od bočnih strana feritnog štapa ravna, kalem može da se zalepi i u vertikalnom položaju, a ne u horizontalnom kao na slici 2.26. Naravno, umesto lepljenjem, kalem može da se fiksira i pomoću gumice ili kanapa koji se provuku kroz rupe



Slika 2.23. ST (srednjetalasni) AM predajnik sa snažnim oscilatorom

na štampanoj ploči, ili na neki drugi način.

Tranzistori T1 i T2 na slici 2.23 su aktivne komponente oscilatora, T3 je tranzistor pomoću koga se ostvaruje amplitudska modulacija (AM), a T4 je aktivna komponenta jednostavnog NF pojačavača, pomoću koga se pojačavaju NF signali iz mikrofona, sa izlaza CD plejera, kasetofona i sličnih izvora NF signala.

a. Podešavanje jednosmernog režima rada

Da bi tranzistori obavljali svoju ulogu aktivnih (pojačavačkih) komponenata, između njihovih elektroda (baze, kolektora i emitera) treba da postoje određeni jednosmerni naponi, a kroz njih treba da teku određene jednosmerne struje. To se ostvaruje pomoću otpornika preko kojih se na baze tranzistora dovodi potreban jednosmerni napon. Da bi se ostvarila stopostotna modulacija, napon na kolektoru T3 treba da je jednak polovini napona baterije za napajanje. U našem slučaju to je 6 V, kao što piše na slici. Provera se obavlja pomoću univerzalnog digitalnog instrumenta, čiji je preklopnik za biranje vrste merenja u položaju za merenje jednosmernih napona, na opsegu od 20 V. Prema slici 2.23, sonda crne boje (Sonda B na slici) se utakne u rupu pored koje je oznaka COM, a sonda crvene boje (Sonda A) u rupu iznad nje, pored koje obično piše V   mA. Vrh Sonde B se spoji sa masom (to se najbolje ostvaruje pomoću krokodil štipaljke nataknute na njen vrh), a vrhom Sonde A se dodirne ili kolektor T3, ili emiter T1 ili T2 ili bakarna linija na štampanom kolu kojom su ove tri elektrode spojene. Na displeju bi trebalo da se pojavi broj koji predstavlja napon na kolektoru (između njega i mase). Ako se taj broj nalazi u opsegu od 5,7 do 6,3, sve je u redu. Ako je broj veći od 6,3, treba smanjiti otpornost otpornika R3, odnosno umesto 10 k   treba koristiti otpornik manje otpornosti, recimo otpornik otpornosti 9,1 k . Obrnuto, ako je napon manji od 5,7 V, treba koristiti otpornik veće otpornosti, recimo od 11 k . Ako napon ne uđe u navedene granice, treba probati sa još manjim odnosno većim otpornostima otpornika R1, sve dok se ne ostvari šta se želi. Na slici 2.22, sa R1=10 k   ostvareno je da je napon na kolektoru T3 jednak 5,83 V.

* Kada bi želeli da napon o kome je reč bude jednak skoro tačno 6 V, trebalo bi eksperimentisati sa otpornicima sa tolerancijom od 1 %, a kada bi bilo potrebno da je napon tačno 6 V, trebalo bi umesto otpornika koristiti trimer potenciometar.

Napon na kolektoru tranzistora T4 treba da je u granicama od oko 4,5 V do oko 7,5 V. Sondom A se dodirne ili kolektor T4 ili desni kraj R1, ili donji kraj R2 ili pozitivni kraj C2 ili bakarna linija koja ih povezuje. Ako je napon koji pokazuje instrument veći od 7,5 V treba smanjiti otpornost otpornika R2, a ako je napon manji od 4,5 V, otpornost treba povećati.

Jednosmerni naponi na kolektorima T1 i T2 treba da su jednaki naponu baterije, odnosno 12 V.

b. Snaga predajnika

Merenje snage predajnika se obavlja na sledeći način. Između prekidača za uključenje i isključenje predajnika S i štampane pločice se privremeno ubaci otpornik koji je na slici 2.22 obeležen sa R7. Njegova otpornost je dva oma, tolerancija što manja (recimo 5%), a snaga jedan vat. Prekidač S se zatvori a sondom dodirne donji kraj otpornika. Na displeju se pojavljuje broj koji predstavlja napon ispravljača. Obeležimo ga sa U_1. Zatim sondom A dodirnemo gornji kraj otpornika i pročitamo napon U_2. Jednosmerna struja koju predajnik vuče iz baterije je:

$$I_0=(U_1-U_2)/R_7.$$

Na primer, ako je U_1=12 V i U_2=11,72 V, struja je:

$$I_0==(12–11,72)/2=140\ \text{mA}.$$

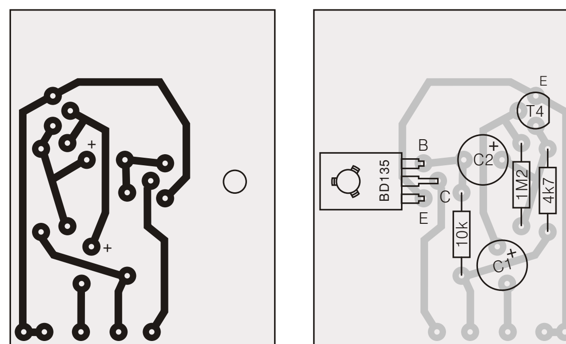
Snaga jednosmerne struje I_0 koju predajnik vuče iz ispravljača je:

$$P_0=U_{Bat}\cdot I_0=12\cdot 140\cdot 10^{-3}=1{,}68\ \text{W}.$$

Ako pretpostavimo da je koeficijent korisnog dejstva ovog uređaja oko =50%, što nije daleko od tačne vrednosti, tada se jedna polovina izračunate snage pretvara u toplotu, a druga polovina u korisnu VF snagu, koja se, preko antene, emituje u prostor. To znači da je snaga predajnika P=0,84 W, odnosno P=840 m W.

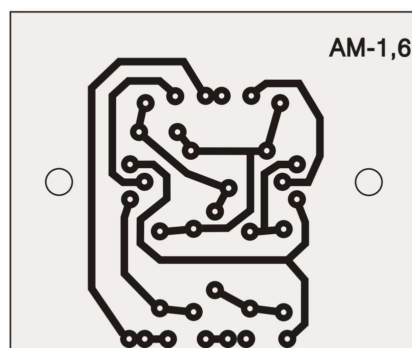
c. Praktična realizacija

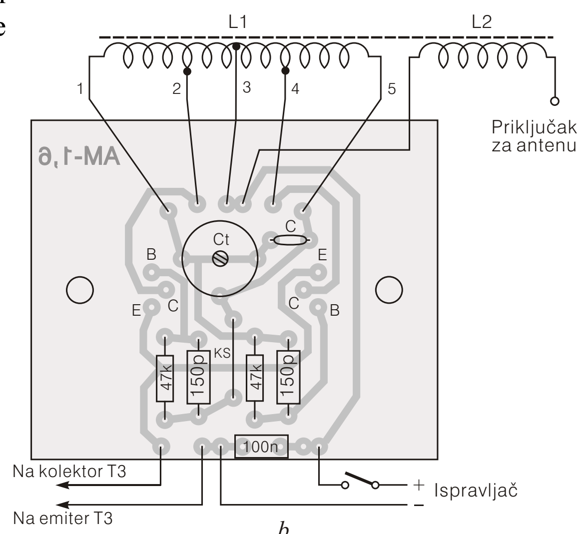
Predajnik je praktično realizovan na dve posebne štampane pločice: na jednoj je NF pojačavač sa tranzistorom T4 i modulator sa tranzistorom T3, a na drugoj oscilator sa tranzistorima T1 i T2. Štampana pločica NF pojačavača je na slici 2.24: levo je izgled pločice sa strane bakarnih linija odnosno sa strane na kojoj se leme nožice komponenata, a na desnoj izgled sa strane komponenta. Štampana pločica oscilatora je prikazana na slici 2.25. Ona je ista kao pločica sa slike 2.18, jedina razlika je u tome što je dodata još jedna stopica koja je spojena sa pozitivnim krajem ispravljača, a u koju se lemi jedan kraj kalema L2. Drugi kraj ovog kalema je zalemljen za buksnu u koju se utakne jedan kraj žice koja predstavlja antenu.



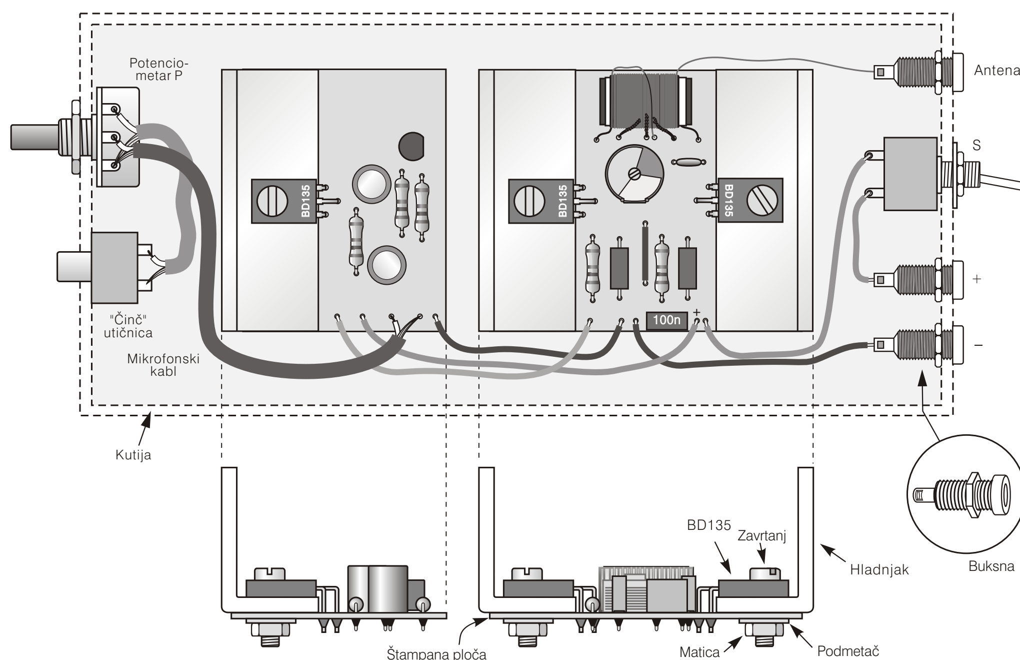
Slika 2.24. Štampana pločica NF pojačavača sa slike 2.23: a - strana lemljenja, b - strana komponenata

Crtež realizovanog kompletnog predajnika sa slike 2.23 dat je na slici 2.26. Gore je pogled odozgo. Dole je





Slika 2.25. Štampana pločica oscilatora sa slike 2.23: a - strana bakra, b - strana komponenata



Slika 2.26. Praktična realizacija predajnika sa slike 2.23: gore - pogled odozgo na kompletan uređaj, dole - pogled sa strane na štampane pločice

pogled na štampane pločice sa prednje strane. Na donjem crtežu su izostavljene žice kojima su spojene pločice, da bi crtež bio pregledniji. U tzv. činč utičnicu se dovodi NF signal iz mikrofona, CD plejera kasetofona i sl. Ovaj signal se vodi na potenciometar za regulaciju nivoa signala kojim se vrši modulacija, a sa ovoga na pojačavač sa tranzistorom T4. Ove veze su ostvarene pomoću mikrofonskog oklopljenog kabla, ali, ako takav ne posedujete, mogu da se koriste i obične izolovane žice. U tom slučaju treba se truditi da veze budu što kraće.

Ovaj predajnik ima manju snagu od predajnika sa slike 2.21, pa se tranzistori BD 135 manje greju. Zbog toga se koriste hladnjaci manjih dimenzija. Oni su napravljeni od tri komada aluminijumskog lima dimenzija 40mmx45mm, debljine 2 do 3 mm, savijenih u oblik ćiriličnog slova G, kao što je prikazano u donjem delu slke 2.26.

Predajnik je smešten u kutiju od šper ploče, dimenzija oko 15cmx7cm, ali ona može da bude i manja, ako se koristi jedinstvena štampana ploča i ako se komponente bolje razmeste. Bolje rešenje je metalna kutija, jer ona deluje kao Faradejev kavez koji štiti uređaj od spoljnih električnih polja. Da bi kutija obavljala tu ulogu, masa predajnika mora da se komadom žice poveže sa kutijom. U tom slučaju, sa kutijom je spojen i negativan kraj ispravljača. Pošto je antena, preko kalema L2, spoje na sa pozitivnim polom ispravljača, ako bi antena dodirnula kutiju to bi dovelo do uništenja ispravljača. Da bi se to sprečilo, levi kraj kalema L2 (sl. 2.23) treba otkačiti iz tačke obeležene sa 6 i spojiti ga sa masom.

d. Podešavanje učestanosti predajnika

Ovaj predajnik radi na nekoj slobodnoj učestanosti, u opsegu između 1400 kHz i 1600 kHz, na kojoj ne emituje neki radio-difuzni predajnik. Po već pominjanoj Tomsonovoj formuli, učestanost predajnika je:

$$f_r = \frac{1}{2\ \sqrt{L(C_t + C_4 + C_s}},$$

gde je sa C_s obeležena tzv. štetna kapcitivnost, koju čine kapacitivnost kalema i kapacitivnosti veza između komponenata. Kada se naprave kalem i štampano kolo, induktivnost L1 i kapacitivnost C_s ne mogu da se menjaju, pa promena učestanosti može da se ostvari samo menjanjem kapacitivnosti ili kondenzatora C4 ili trimer kondenzatora Ct. Promenom C4 ostvaruju se skokovite, relativno velike, promene učestanosti, a promenom Ct se vrši fino podešavanje. Sa kalemom koji smo mi koristili u prototipu, učestanost f_r=1600 kHz je ostvarena sa ukupnom kapacitivnošću Ct+ C4=177 pF. To je veličina koju smo izmerili, inače korišćen je blok kondenzator C4=150 pF i trimer Ct sa slike 1.6, čija kapacitivnost se menja u granicama od 5,5 pF do 65 pF.

Na utičnicu A se priključi komad žice dužine oko jedan metar, a na činč utičnicu dovede NF signal sa priključka za slušalice na CD plejeru, kasetofonu i sl. Zatvori se prekidač S a klizač potenciometra P postavi na sredinu. Kućni radio-prijemnik postavite na udaljenost od nekoliko (recimo tri) metra, preklopnik za biranje talasnog područja postavite u položaj prijema srednjih talasa (AM), a iglu na skali prijemnika podesite na neko slobodno mesto oko učestanosti 1500 kHz. Pažljivo okrećite rotor trimer kondenzatora dok se u radiju ne čuje NF signal kojim se vrši modulacija. Zatim pomoću potenciometra P podesite najkvalitetniji prijem. Ako prijem ne može nikako da se ostvari, stavite klizač trimera u srednji položaj, pa na radiju okrećite dugme za biranje stanica i podesite se na vaš program. Pročitajte na skali radija kolika je učestanost, pa ako je manja od 1400 kHz, smanjite kapacitivnost C4 i ponovite podešavanje.

e. Napon napajanja

Predajnik se napaja iz ispravljača napona 12 V. Ali on može da radi i sa manjim i sa većim naponima. Naravno, manji napon znači i manju snagu, i obrnuto, veći napon - veću snagu. On normalno radi već sa naponom napajanja od 3 V, što znači da može da se napaja i iz baterija. Maksimalan napon napajanja zavisi od upotrebljenih tranzistora, i u slučaju BD135 on je 40 V. Ako bi koristili BD137 napon je 60 V, a u slučaju BD139 je 100 V. Oba ova tranzistora su u istom kućištu i sa istim rasporedom nožica kao BD135. Naravno, u slučaju upotrebe većeg napona, treba koristiti i hladnjake veće površine. U svakom slučaju, kada je napon napajanja znatno veći ili manji od 12 V, treba proveriti koliki je napon na kolektorima T3 i T4 i podesiti ih (menjanjem otpornosti R3 i R1) da budu jednaki polovini napona napajanja.

Veći napon, kao što smo rekli, obezbeđuje i veći domet predajnika. Značajnije veći domet može da se ostvari upotrebom duže antene, kao i njenim prilagođavanjem na predajnik. Ni jedno ni drugo od ove dve stvari ne treba da pokušavate. Ovaj predajnik ima prilično veliku snagu, pa, da ne biste smetali komšijama i tako došli pod udar zakona koji te vrste ugrožavanja slobode strogo kažnjava, kao antenu koristite komad žice dužine oko jednog metra.

f. Modulišući signal

Pri naponu ispravljača od 12 V, potrebna dubina modulacije se ostvaruje kada NF signal na bazi T4 ima efektivnu vrednost od oko 10 mV. To je veličina koja je znatno manja od napona na priključku za slušalice CD plejera, vokmena, kaset deka i sličnih izvora modulišućeg signala. Modulacija može da se obavlja i pomoću mikrofona (mi smo pri testiranju prototipa kao mikrofon uspešno koristili i mali zvučnik), a moguće je koristiti i neku miksetu, kao što je ona iz projekta 2.5 (LRS), koja omogućuje istovremenu upotrebu više izvora NF signala, kao što se radi u profesionalnim radiodifuznim predajnicima. Regulacija jačine modulišućeg signala na potrebnu vrednost se vrši pomoću potenciometra P. Kontrola se obavlja "na sluh". Jednostavno, slušate prijemnik i lagano okrećete klizač potenciometra dok ne ostvarite najglasniju reprodukciju uz minimalna izobličenja.

g. O kalemu, još malo

Kalem je jedina komponenta koja može da se proglasi za kritičnu. On je namotan prema podacima na slici 2.22, i sva pomenuta podešavanja važe za takav kalem, koji je namotan na komadu feritnog štapa. Ne smeta mnogo ako se dimenzije upotrebljenog štapa razlikuju od dimenzija štapa sa slike 2.22. Potrebna učestanost može da se ostvari sa drugačijim vrednostima kapacitivnosti kondenzatora C4. Šta da rade oni čitaoci koji nemaju nikakav feritni štap? Najjednostavnije je da ga izvade iz nekog rashodovanog radio-prijemnika kakvih, po vrlo niskoj ceni, ima na pijacama polovne robe (popularnim buvljacima).

Kalem može da se namota i na običnom kalemskom telu od kartona u obliku valjka, ali se tada potrebna induktivnost ostvaruje sa znatno više navojaka žice. Moguće je koristiti i fabrički izrađeno kalemsko telo od plastike sa malim feritnim jezgrom u obliku zavrtnja, kao što je telo na slici 2.5a. Pri tome, jedina važna stvar o kojoj treba voditi računa je da odnos broja navojaka sa slike 2.22 ostane isti. Na primer, ako između početka kalema koji je obeležen sa 1 i izvoda 2 imate Nx14 zavojaka, tada isto toliko treba da je između izvoda 4 i kraja kalema 5, a između izvoda 2 i 3 i izvoda 3 i 4 treba da je Nx2 zavojaka. Na primer, ako je N=2,5 tada je N1=N4=35 i N2=N3=5.

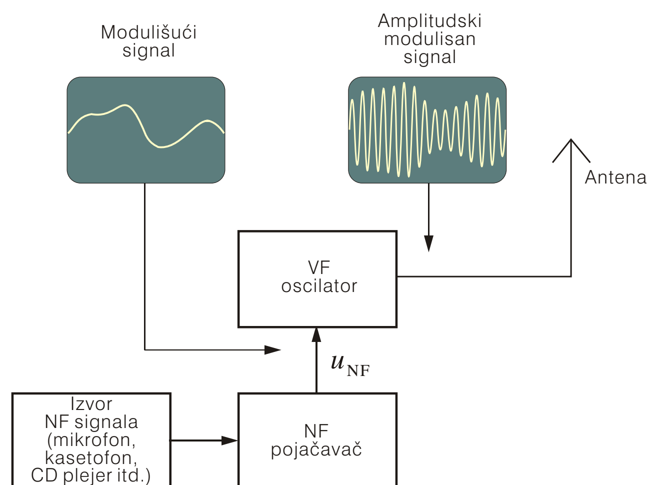
Detaljnije informacije o proračunu i praktičnoj realizaciji kalemova mogu da se nađu u knjizi "Radio-prijemnici"

h. Smetnje, brujanje i sl.

Ako se u radio-prijemniku podešenom na naš predajnik, pored informacije koja se prenosi, čuje i brujanje ili se javljaju neke slične smetnje, kojih nema pri prijemu programa drugih radio-stanica, probajte da ih eliminišete ubacivanjem filtra u kolo za napajanje. Njega na slici 2.23 obrazuju otpornik R6 i kondenzator C7. Ako smetnje bivaju umanjene ali ne dovoljno, probajte sa većim vrednostima otpornosti. Ako smetnje i dalje postoje, moraćete da oklopite NF pojačavač. To se lako ostvaruje kada se koristi metalna kutija. Između NF pojačavača i oscilatora se ubaci pregrada u obliku metalne ploče koja dodiruje kutiju, tako da između njih postoji dobar spoj. Kada je kutija od izolacionog materijala, ona može da se metalizira tako što se iznutra oblepi tankom aluminijumskom folijom. Treba voditi računa da se svi komadi upotrebljene folije dodiruju, tako da celokupna metalizacija bude jedinstvena u električnom pogledu. Folija mora da bude spojena sa masom predajnika odnosno sa minus priključkom ispravljača. To se ostvaruje tako što se jedan kraj komada žice zalemi za buksnu obeleženu sa -, a drugi pomoću zavrtnja pričvrsti uz foliju. (Vidi sl. 3.13.)

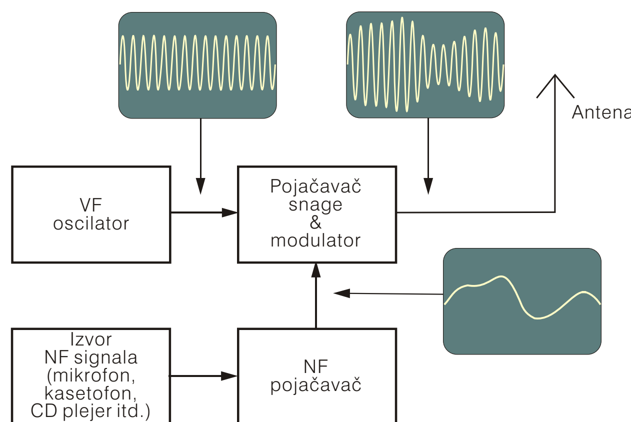
2.4. Predajnici sa pojačavačem snage

AM predajnici opisani u prethodnim projektima rađeni su prema blok-šemi prikazanoj na slici 2.27. U njima se modulacija obavlja u oscilatoru, a modulisani signal se direktno iz oscilatora vodi u emisionu antenu. Na taj način se, sa relativno malo komponenata, praktično realizuju veoma jednostavni predajnici. Ali takav pristup, kada jedan stepen



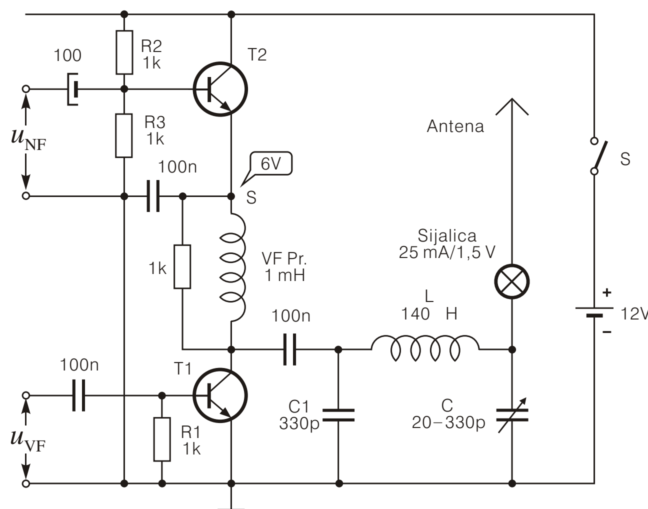
Slika 2.27. Blok-šema jednostavnog AM predajnika

ima više uloga, u našem primeru jedan stepen radi i kao oscilator i kao modulator, uvek ima i svojih loših strana. Bolje rešenje je kada svaki stepen obavlja samo jednu ulogu, i to onu za koju je prvenstveno i predviđen. U slučaju radio-predajnika, to znači da je bolje da oscilator služi samo za generisanje (stvaranje) VF napona koji predstavlja nosilac AM signala, a da se modulacija obavlja u posebnom stepenu. Time se olakšava ostvarivanje jednog od najvažnijih zahteva koji se stavlja pred svaki predajnik, a to je da mu učestanost bude konstantna. S druge strane, potrebna snaga predajnika se ne ostvaruje povećavanjem snage oscilatora već pojačavanjem signala iz oscilatora, u posebnom stepenu koji se naziva pojačavač snage. U predajniku mora da se ostvari i amplitudska modulacija, pa primenjujući istu logiku kao i ranije, dolazimo do zaključka da je potreban još jedan poseban stepen, modulator. Ali, kao što se vidi, uređaj postaje sve komplikovaniji i gubi onu drugu karakteristiku, koja je, takođe, vrlo važna. To je jednostavnost konstrukcije, koja omogućuje jeftiniju i lakšu praktičnu realizaciju uređaja. U cilju pojednostavljenja mora da se ide na neki kompromis, tako da se u jednom stepenu, ipak, obavlja više stvari. U tom smislu postoji i mogućnost da se predajnik realizuje prema blok-šemi na slici 2.28, prema kojoj se modulacija i pojačavanje snage obavljaju u jednom stepenu. Sada oscilator može da se podesi da svoju ulogu obavlja na najbolji mogući način, a modulacija i ostvarivanje potrebne izlazne snage se obavlja u posebnom stepenu.



Slika 2.28. Blok-šema AM predajnika sa pojačavačem sange

Električna šema jednog jednostavnog pojačavača snage u kome se obavlja tzv. kolektorska modulacija prikazana je na slici 2.29. Sa u_{NF} je obeležen napon koji predstavlja informaciju koja se emituje, a sa u_{VF} - VF napon koji se dovodi iz oscilatora. Aktivna komponenta pojačavača snage je tranzistor T1. Jednosmerni napon na njegovoj bazi je jednak nuli, jer je baza spojena sa masom preko otpornika R1, a isti toliki je i napon na emiteru, jer je on direktno spojen sa masom. Znači, prednapon ovog tranzistora, (to je jednosmerni napon između baze i emitera), je jednak nuli i tranzistor je zakočen, ne provodi struju. Kada se ima u vidu da silicijumski tranzistor provodi struju tek kada je napon na bazi za približno 0,6 V veći od napona na emiteru, jasno je da će struja kroz T1 da teče samo za vreme dok je napon



Slika 2.29. Modulisani pojačavač snage

na bazi veći od 0,6 V. To znači da će struja teći samo za vreme kada je u_{VF} >0,6 V i imaće izgled povorke impulsa. Za tranzistor, odnosno za pojačavač sa tim tranzistorom, se kaže da radi u klasi C. U ovoj klasi, za razliku od klase A i klase B, ostvaruje se vrlo veliki koeficijent korisnog dejstva, što je izuzetno značajno kada se radi o velikim snagama, odnosno o pojačavačima snage. Kolektorsko opterećenje tranzistora T1 je oscilatorno kolo koje obrazuju kalem L i kondenzatori C1 i C. Na njemu, kolektorska struja stvara napon u obliku kompletne

sinusoide. Rezonantna učestanost oscilatornog kola i usklađivanje sa antenom ostvaruje se promenljivim kondenzatorom C. U tu svrhu može da se koristi već pominjani kondenzator sa slike 2.4, ili neki drugi promenljivi kondenzator čija se kapacitivnost menja u granicama od nekoliko desetina do nekoliko stotina pikofarada. Umesto njega, može da se koristi i paralelna veza trimer kondenzatora i blok kondenzatora, o čemu je već bilo reči.

Učestanost pojačavača snage može da se, pomoću C, podesi na bilo koju vrednost u opsegu od oko 500 kHz do oko 1600 kHz, bolji rezultatii se postižu na višim učestanostima, oko 1600 kHz. Na tim učestanostima, struja koju predajnik stvara u anteni je oko 20 mA, pri optimalnoj podešenosti na učestanost oscilatora. Kao indikator optimalne podešenosti koristi se minijaturna sijalica sa zagrevnim vlaknom, snage svega 40 mW. Podešenost je u toliko bolja u koliko sijalica jače svetli. Ako takvu, ili neku sličnu sijalicu ne posedujete, izostavite je sa šeme, i antenu priključite direktno na desni kraj kalema L.

Kalem L ima 150 zavojaka bakarne žice izolovane lakom prečnika oko 0,3 mm, namotanih na kalemskom telu u obliku valjka od kartona, plastike i sl. Prečnik valjka je oko 2 cm, a dužina oko 5 cm. Izrada ovakvih kalemova detaljno je opisana u prvom delu ove knjige. Kalem može da bude i drugačijeg oblika i dimenzija, recimo kao kalem na slici 2.5.

Visoko frekventna prigušnica (VF Pr.) se pravi tako što se na plastično kalemsko telo sa feritnim jezgrom u obliku zavrtnja, namota više stotina zavojaka tanke bakarne žice.

Snaga koju antena zrači je jednaka proizvodu kvadrata struje koju predajnik stvara u anteni (to je struja kroz sijalicu na slici 2.29) i tzv. otpornosti zračenja antene: $P=I^2 \cdot R_Z$. U našem slučaju, struja je oko 20 mA, a otpornost zračenja se, za slučaj tzv. dipol antene, računa po obrascu $R_Z=800\cdot(l/\ )^2$, u kome je l - dužina antene a - talasna dužina emitovanog elektromagnetnog talasa. Ako je učestanost predajnika f=1,5 MHz, talasna dužina je $=c/f=3\cdot10^8/1{,}5\cdot10^6$=200m. Sa antenom čija je dužina jednaka l=3 m, otpornost zračenja je $R_Z=800\cdot(3/200)^2=0{,}18$. I, na kraju, snaga koju predajnik emituje je:

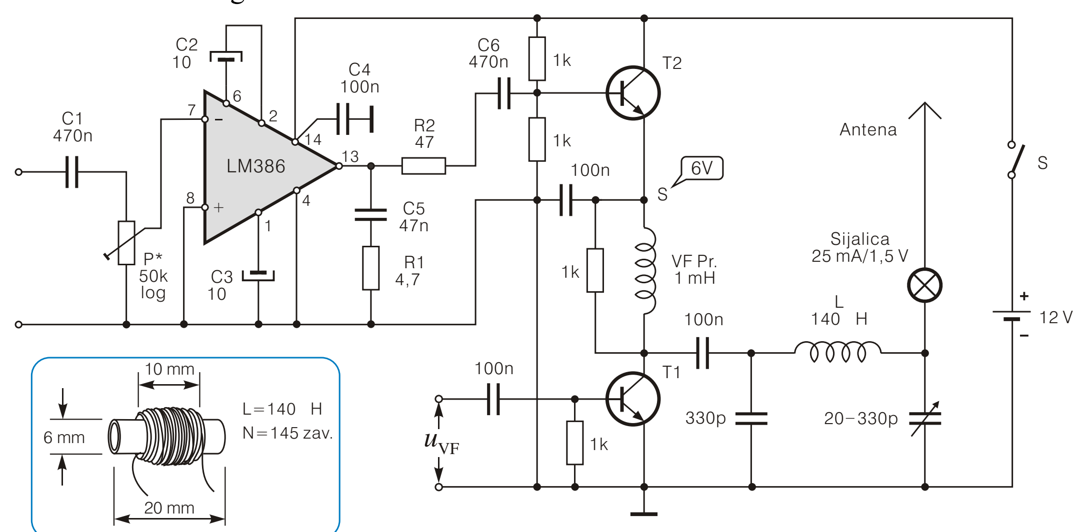
$$P=(20\cdot10^{-3})^2\cdot0{,}18=72 \text{ mW}.$$

Zar je snaga toliko mala, uzdahnuće mnogi čitaoci. Tolika je, ali setite se prve strane i šta zakon kaže o tome.

Kako da je, ipak, povećamo, uporni su neki čitaoci. Obrazac $R=800\cdot(l/\ )^2$ kaže da to može da se ostvari povećanjem dužine antene: dva puta duža antena - četiri puta veća snaga, tri puta duža antena - devet puta veća snaga itd. Ali, na žalost, antena postaje preterano dugačka. Drugo što stoji na raspolaganju je povećavanje struje koju predajnik predaje anteni. Prema obrascu $P=I^2\cdot R_Z$, dva puta veća struja znači četiri puta veću snagu, tri puta veća - devet puta veću snagu itd. Ova struja može da se poveća povećanjem električne snage predajnika, odnosno povećanjem napona baterije i povećanjem struje koju predajnik vuče iz baterije, a to, dalje, znači upotrebu jačih tranzistora, veće hladnjake itd.

Pomoću razdelnika napona koji obrazuju R2 i R3, ostvareno je da je napon u tački S jednak 6 V (približno). To je jednosmerni napon napajanja pojačavača snage. Kada bi taj napon bio veći, bio bi veći i VF napon na izalzu pojačavača, i obrnuto, kada bi taj napon bio manji i VF napon bi bio manji. Kada se na bazi tranzistora T2 pojavi modulišući signal u_{NF}, napon u tački S počinje da se menja u skladu sa trenutnom vrednošću u_{NF}, to, kao što rekosmo, dovodi do promene amplitude VF napona i - ostvaruje se amplitudska modulacija.

Kao primer predajnika sa pojačavačem snage, na slici 2.30 je data električna šema jednog AM predajnika, kod koga se modulacija ostvaruje NF signalom koji je pojačan pojačavačem sa kolom LM386. Na tranzistor T1 se dovodi VF napon učestanosti oko 1,6 MHz iz bilo kakvog VF oscilatora.

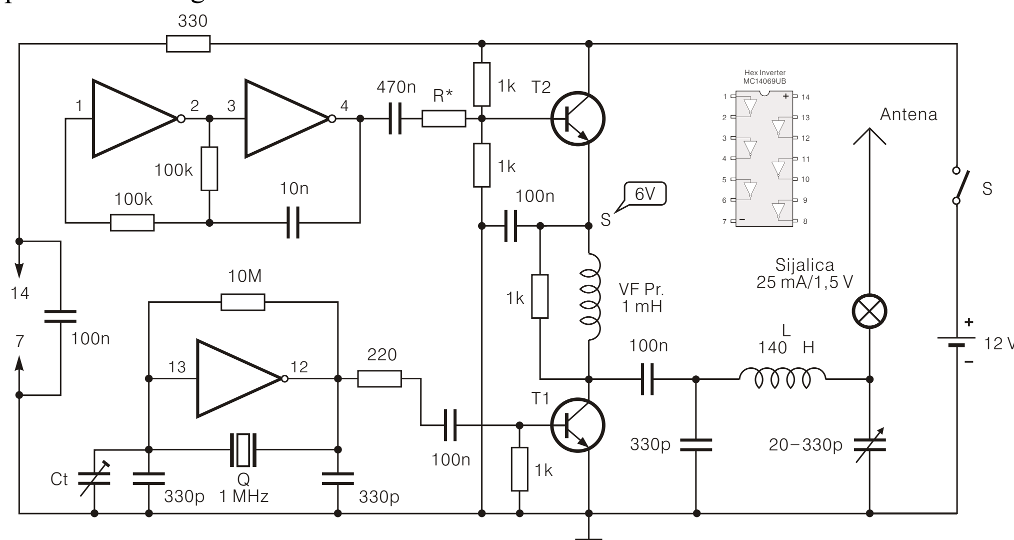


Slika 2.30. AM predajnik sa pojačavačem snage

Kao još jedan primer, na slici 2.31 je prikazana električna šema predajnika koji se naziva Tracking Transmitter. To je predajnik koji se montira na neki pokretan objekat čije kretanje i položaj mogu da se odrede radio-putem, pomoću radioprijemnika sa usmerenom

antenom. Takve predajnike, recimo, koriste planinari, skijaši i slični trudbenici, da bi u slučaju da ih zatrpa sneg, ili se izgube u planini, mogli da ih pronađu spasioci. U levom donjem delu je VF oscilator izveden pomoću jednog logičkog invertora, a u gornjem NF oscilator, sa dva invertora, koji proizvodi ton učestanosti 700 Hz, kojim se vrši modulacija. Koristi se CMOS integrisano kolo 4069, u kome se nalazi šest invertora. Ulazi neiskorišćenih kola (nožice 5, 9 i 11) se vezuju na masu. Napajanje se dovodi između nožica 14 i 7, između kojih se, što bliže njima, kao i kod drugih integrisanih kola, vezuje keramički kondenzator od 100 nF.

Dubina modulacije se podešava menjanjem otpornosti otpornika R*, čija se otpornost nalazi u granicama od nekoliko stotina oma do više kilooma.



Slika 2.31. "Tracking transmitter"

2.5. LRS - Lična radio stanica

Ovaj predajnik, čija je električna šema data na slici 2.32, se razlikuje od svih do sada opisanih po tome što se njime ostvaruje izuzetno kvalitetan radio-prenos, koji skoro da ne zaostaje za kvalitetom profesionalnih radio-stanica. On se sastoji od Kolpicovog oscilatora (tranzistor T1 i komponente oko njega) čija je učestanost stabilisana pomoću kvarca Q, i pojačavača snage sa diferencijalnim pojačavačem (T2 i T3 i komponente oko njih), u kome se obavlja modulacija, tako što se NF signal dovodi na bazu tranzistora T4.

* T1, T2, T3, T4 - 2N4401 ili neki slični

Slika 2.32. Lična radio-stanica

Selektivno opterećenje pojačavača snage predstavlja paralelno oscilatorno kolo koje obrazuju kalem L i kondenzatori Ct, C1 i C2. Ako, za početak, zanemarimo sve štetne kapacitivnosti, rezonantna učestanost ovog kola je data Tomsonovim obrascem:

$$f_r = \frac{1}{2\ \sqrt{L(C_1+C_2+C_t)}}.$$

Kapacitivnost kondenzatora C1 je poznata, nju je konstruktor usvojio pri proračunu komponenata pojačavača snage, i ona je C1=220 pF. Usvaja se i induktivnost kalema, tako da je L=40 H, pa preostalu kapacitivnost izračunavamo pomoću obrasca:

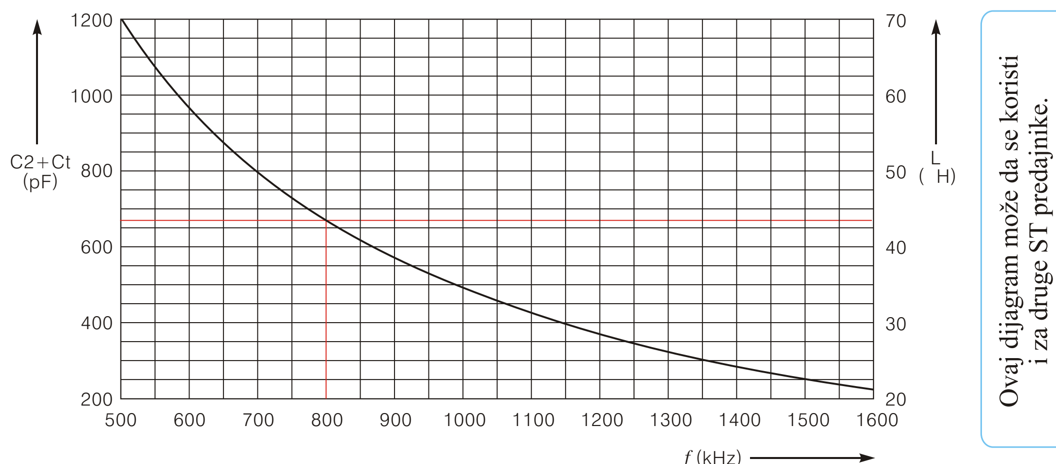
$$C_2 + C_t = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} - C_1,$$

u kome je f - učestanost oscilatora, odnosno učestanost na kojoj predajnik treba da emituje. Na primer, ako želimo da učestanost predajnika bude f=1100 kHz, tada je

$$C_2 + C_t = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 1{,}1^2 \cdot 10^{12} \cdot 40 \cdot 10^{-6}} - 220\ pF = 523\ pF - 220\ pF = 303\ pF.$$

Po ovom rezultatu, kapacitivnost kondenzatora C2 treba da je za srednju vrednost kapacitivnosti trimera Ct manja od 303 pF. Recimo, ako je Ctmin=5 pF i Ctmax=65 pF, srednja vrednost je 35 pF, pa je C2=303pF–35pF=268 pF. Pošto kondenzator ove kapacitivnosti ne postoji usvaja se kondenzator približne kapacitivnosti. Kada se ima u vidu da u kolu postoji i štetna kapacitivnost, jasno je da za C2 treba usvojiti vrednost koja je nešto manja od 268 pF, recimo oko 250 pF. U svakom slučaju, precizno podešavanje učestanosti se obavlja pomoću trimer-kondenzatora, pri uključenom predajniku i prijemniku, koji koristimo pri podešavanju.

Određivanje potrebne kapacitivnosti C2+Ct može da se obavi i bez računanja, pomoću dijagrama na slici 2.33, na kome je prikazana zavisnost ove kapacitivnosti i induktivnosti L1 od učestanosti. Na primer, ako je f= 800 kHz, tada je L1=43,5 μH i C2+Ct približno jednako 670 pF. Ako se korsti isti trimer-kondenzator kao u prethodnom primeru, tada je C2=635 pF. Pošto kondenzator tačno ovolike kapacitivnosti ne postoji, umesto njega koristimo dva paralelno vezana kondenzatora čiji je zbir kapacitivnosti približno jednak 635 pF. To, recimo, mogu da budu kondenzatori čije su kapacitivnosti 560 pF i 68 pF ili 470 pF i 180 pF i sl.



Slika 2.33. Zavisnost kapacitivnosti i induktivnosti oscilatornog kola od učestanosti

Rezonantna učestanost paralelnog oscilatornog kola u pojačavaču snage treba da je jednaka učestanosti oscilatora, odnosno učestanosti kvarca Q. Kao indikator podešenosti koristi se ampermetar (A) sa kretnim kalemom, čija igla maksimalno (do kraja) skreće pri struji od 100 mA. Na njega se dovodi jednosmerni napon koji se dobija tako što se deo izlaznog napona pojačavača snage dovede (preko otpornika 2k2 i kondenzatora 100n, na redni diodni detektor sa germanijumskom diodom male snage 1N914. Podešavanje se obavlja na sledeći način: uređaj se uključi i trimer pažljivo okreće, tako da igla skrene što je moguće više, (trebalo bi da skrene do polovine skale.)

Ako ne posedujete nstrument sa kretnim kalemom, kao na slici, uključite umesto njega digitalni univerzalni instrument, sa preklopnikom u položaju za merenje jednosmernih napona, i okrećite trimer-kondenzator dok instrument ne pokaže maksimalni mogući napon (nekoliko volti).

Na slici 2.32 se nalazi još jedan kalem, L2, pomoću koga se ostvaruje tzv. veštačko produženje antene, čime se postiže da antena znatno efikasnije zrači elektromagnetnu energiju u okolni prostor. Naime, svaka emisiona antena je tzv. otvoreno oscilatorno kolo, a najefikasnija emisija se ostvaruje kada je to kolo u rezonanciji. Ali da bi se to postiglo dužina antene treba da je približno jednaka talasnoj dužini emitovanog talasa. Na primer, talasna dužina elektromagnetnog talasa koji stvara predajnik koji radi na učestanosti f_S=1,5 MHz je:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8\ (m/s)}{1{,}5 \cdot 10^6\ (1/s)} = 200\ m,$$

pa bi toliko trebalo da je dugačka i antena. Ona i ima toliku dužinu kod profesionalnih predajnika, ali je to za amaterske uslove rada preterano dugačak provodnik. U našem slučaju antena je u obliku žice dužine oko jednog metra, pa su njena induktivnost i kapacitivnost mnogo manji od vrednosti pri kojima je njena rezonantna učestanost 1,5 MHz. Dodavanjem kalema L2 na red sa antenom, ukupna induktivnost se povećava, pa se rezonantna učestanost antene smanjuje i, sa pravilno izabranom vrednošću induktivnosti L2, može da se ostvari da je rezonantna učestanost jednaka učestanosti na kojoj predajnik radi. U našem primeru, ako

predajnik emituje na učestanosti 1,5 MHz, a antena je komad žice čija je dužina oko 1 m, induktivnost je L2=800 H. Ako se koristi duža antena ili predajnik radi na višoj učestanosti, induktivnost je manja. Obrnuto, sa kraćom antenom ili na nižim učestanostima, induktivnost je veća. Kalem ima potrebnu induktivnost ako se, kad se on priključi, skretanje igle instrumenta A smanji na polovinu. (Kada se umesto ampermetra A koristi voltmetar, on treba da pokaže dva puta manji napon).

Podešavanje predajnika se obavlja na sledeći način:

1. Bez kalema L2 i bez antene, pažljivo se okreće rotor trimera Ct, dok ampermetar A (ili voltmetar) ne pokaže maksimalno skretanje (napon), o čemu je već bilo reči.

2. Poveže se kalem L2 i priključi antena, induktivnost kalema se menja dok se skretanje ampermetra (ili napon koji pokazuje voltmetar) ne smanji na polovinu. Kao što se vidi, korisno je da se kalem L2 namota na kalemskom telu sa feritnim jezgrom u obliku zavrtnja čijim se pomeranjem menja induktivnost (kao na slici 2.5-a). Ako to nije slučaj, već se kalem namota na telo bez jezgra promena njegove induktivnosti se ostvaruje povećavanjem ili smanjivanjem broja zavojaka žice. U amaterskim uslovima, kada se ne poseduje fabrički izrađeno kalemsko telo, kalem može da se namota na kalemskom telu od papira, kao što je već objašnjeno u tekstu u vezi sa slikom 2.5-c. Uz korišćenje papirnog tubusa sa ove slike i žice prečnika 0,2 mm broj zavojaka kalemova sa slike 2.27 je: L1 - 76 i L2 - 340 (za f=1,5 MHz). Broj zavojaka kalemova je manji ako se koristi kalemsko telo sa feritnim jezgrom, a znatno je manji ako se koristi komad feritnog štapa, kao na slici 2.5-d.

3. Ponovi se, vrlo pažljivo, podešavanje iz prve tačke.

Ako predajnik treba da radi na nekoj drugoj učestanosti, a ne na 1,5 MHz, ostaje isti kalem L1 a kapacitivnost C2+Ct se pročita sa dijagrama na slici 2.28 i, na već opisani način, usvoji C2. Kalem L2 se mota na istom kalemskom telu kao i u prethodnom slučaju, a njegov broj zavojaka se računa po obrascu

$$N_2=227\cdot f,$$

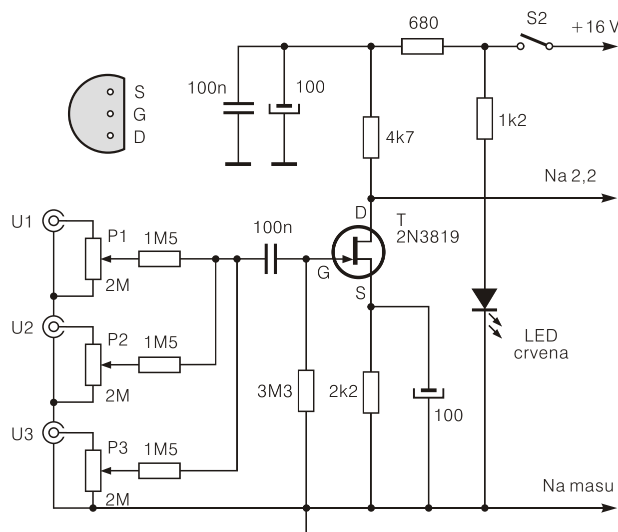
u kome je f ta druga učestanost, izražena u megahercima. Na primer, ako je f=850 kHz, tada je:

$$N_2=227\cdot 0{,}85=193.$$

U predajniku je iskorišćen Pirsov oscilator, sa tranzistorom (T1) u spoju zajedničkog kolektora. To je, u stvari, Kolpicov oscilator kod koga se umesto kalema koristi kristal kvarca (Q), koji obezbeđuje veliku stabilnost učestanosti. Osnovna učestanost kvarcnog kristala treba da je jednaka učestanosti na kojoj predajnik treba da radi, ali ta učestanost ne sme da bude jednaka učestanosti lokalnog profesionalnog predajnika, ili nekog drugog jakog predajnika. (Ista tolika treba da je i učestanost oscilatornog kola sa kalemom L1, što se, na opisani način, podešava pomoću trimera Ct).

Puna (100%) modulacija se ostvaruje kada modulišući signal ($_{uNF}$) ima amplitudu od 1 V. Ako se paralelno otporniku od 100   (u emiteru T4) dodaju otpornik od 22   i kondenzator od 100 F, što je na slici prikazano isprekidanom linijom, puna modulacija se ostvaruje sa dva puta manjom amplitudom modulišućeg napona (sa 0,5 V), što je tipično za mnoge izvore NF signala. Dalje smanjenje potrebne veličine NF signala, na svega 0,1 V, može da se postigne izostavljanjem otpornika od 22 .

Za pojačavanje NF signala vrlo malih amplituda (iz mikrofona i sl.) može da se koristi neki od pretpojačavača opisanih u poglavvlju 3.1.3. Moguće je koristiti i neki mikser, tako da se modulacija vrši NF signalima iz više izvora, što emisijama daje profesionalni karakter. Kao primer, na slici 2.34 je prikazana električna šema jednog trokanalnog miksera. NF signali iz tri izvora, recimo iz CD-plejera, kaset deka i mikrofona, se dovode na činč utičnice U1, U2 i U3, a njihov nivo se podešava pomeranjem klizača odgovarajućeg potenciometra, što omogućava ostvarivanje različitih efekata. Na primer, muzika "ide" sa CD



Mnogo više o miksetama možete da pročitate u četvrtojoj knjizi serije "*Praktična* ELEKTRONIKA".



To je moja omiljena knjiga: AUDIO-POJAČAVAČI.



Slika 2.34. Mix-pult za LRS

plejera priključenog na U1, čiji je nivo podešen pomoću P1. Kad dođe vreme za reklamu, koja je na traci kaset deka priključenog na U2, ovaj se uključi, muzika se utiša pomeranjem klizača P1 na dole, a reklama pojača pomeranjem klizača P2 na gore i ona se emituje sa muzikom u pozadini. Kada se reklama završi, klizač P2 se vrati na masu, a klizač P1 u svoj prvobitni položaj. Na sličan način se, pomeranjem klizača P3 na gore ili na dole, uključuje odnosno isključuje mikrofon i sl.

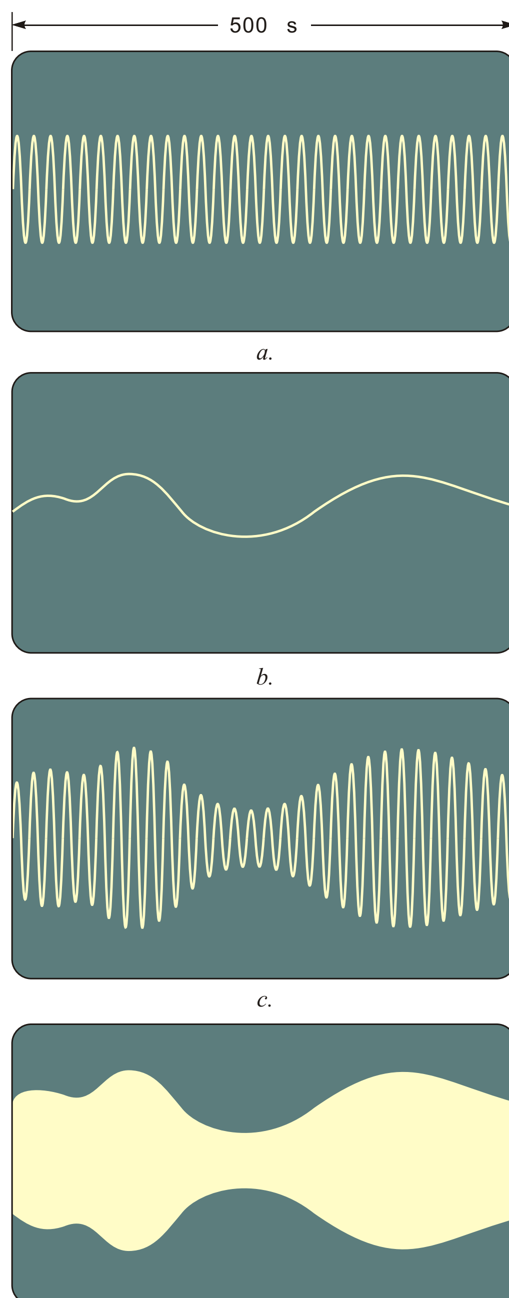
2.6. Dodaci uz AM predajnike

2.6.1 Oblici napona u AM predajniku

Oblici napona u AM predajniku mogu da se vide pomoću instrumenta koji se naziva osciloskop. Uz malo pesničke slobode, za osciloskop može da se kaže da je to kralj instrumenata koji se koriste u elektronici. Na njegovom ekranu se vidi oblik napona između tačaka električnog kola u kojima su priključene sonde, a sa te slike može da se odredi veličina tog napona, njegova učestanost, da li je i koliko izobličen, fazni pomeraj u odnosu na neki drugi napon itd. Pomoću osciloskopa mogu da se mere i jednosmerni naponi, a na indirektan način, ubacivanjem otpornika male otpornosti (kao R7 na slici 2.23) i struje, i jednosmerne i naizmenične.

Na slici 2.35 su prikazani oblici napona u AM predajniku sa slike 2.32, za slučaj da se koristi drugi kvarc, tako da je učestanost oscilatora 60 kHz. Takođe, sa drugim kalemom L1, znatno veće induktivnoti, i većom kapacitivnošću kondenzatora C2, ostvareno je da je rezonantna učestanost pojačavača snage 60 kHz. U tom slučaju napon između baze T2 i mase (to je napon iz oscilatora) ima oblik kao na slici 2.35-a. Iznad ove slike je naznačeno da je ona snimljena u vremenskom periodu od 500   s. Takva "zamrznuta" slika se dobija pomoću osciloskopa sa memorijom u koju može da se snimi oblik napona u nekom vremenskom intervalu, da bi se kasnije izvršila analiza i merenja. Kad je na potenciometar P doveden NF signal iz mikrofona, u vremenskom intervalu iste dužine od 500   s, napon na bazi T3 ima oblik kao na slici 2.35b, a napon na izlazu predajnika (između tačke A i mase) kao na slici 2.35-c. Kao što se vidi, ovaj napon ima istu učestanost kao napon na slici 2.35-a, amplituda mu se menja u skladu sa trenutnom vrednošću NF signala sa slike 2.35-b.

U našem slučaju, kada oscilator na slici 2.23 ima učestanost 1400 kHz, a modulišući signal je kao na slici 2.35b, napon u tački A ima oblik kao na slici 2.35d. Na njoj se ne vidi noseći signal jer mu je učestanost vrlo velika pa su se susedne linije međusobno preklopile i obrazovale svetlu površinu.



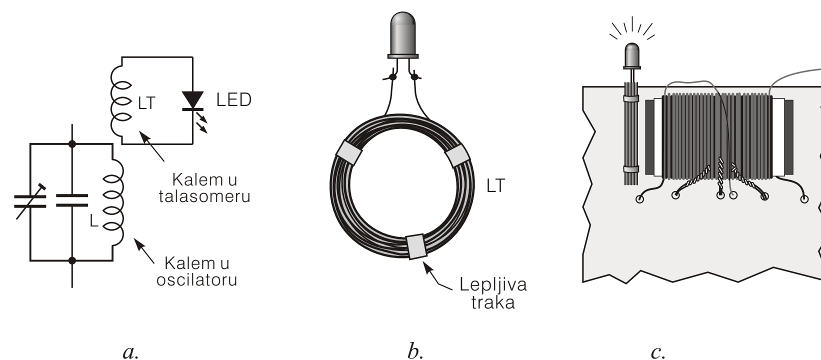
Slika 2.35. Oblici napona u predajniku na slici 2.23 na ekranu osciloskopa: a - u tački A kada nema modulacije, b - na bazi T3 kada ima modulacije, c - u tački A kada ima modulacije a f_0=60 kHz, d - u tački A kada ima modulacije a f_0=1400 kHz.

2.6.2. Provera oscilatora bez osciloskopa

Osciloskop je sjajna stvar, ali šta da rade oni koji ga nemaju? Kako oni mogu da utvrde da li oscilator radi i kolika mu je učestanost? Rešenje postoji. Za proveru da li oscilator radi, to je jednostavan talasomer, a za merenje učestanosti to su postojeći radiodifuzni predajnici.

Kada oscilator radi, u kalemu postoji VFstruja i ona stvara magnetno polje u prostoru oko kalema. Kad se u to polje unese drugi kalem na čije krajeve je povezana LED dioda (LT na slici 2.36-a), u njemu se indukuje napon, pa kroz diodu teče struja i ona svetli.

Naravno, dioda svetli samo ako oscilator radi. Na slici 2.36b je prikazana konstrukcija ovog talasomera. Kalem ima oko trideset zavojaka žice prečnika oko 0,4 mm, namotanih jedan

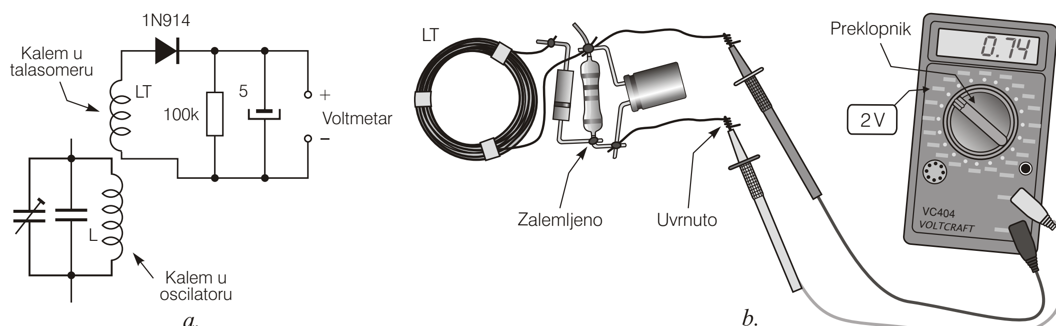


Slika 2.36. Talasomer: a - princip rada, b - konstrukcija, c - primena

preko drugog oko nekog valjkastog tela (flomaster i sl.) prečnika 10 do 15 mm. Pošto se namota, kalem se pažljivo skine sa tela, i, pomoću komada kanapa ili nekoliko komada lepljive trake pričvrsti da se ne bi raspao. Sa krajeva žice se ostruže izolacija, i zaleme krajevi minijaturne LED diode.

Pri korišćenju, kalem LT treba postaviti što bliže kalemu u oscilatoru, tako da im se ose poklapaju (sl. 2.36c). Ako je to moguće, kalem LT treba postaviti tako da obuhvata kalem oscilatora jer je tada ostvarena najjača magnetna sprega. Ako dioda svetli suviše jako, kalem LT treba odmaći.

U slučajevima kada oscilator ima snagu od nekoliko ili više vati, umesto diode mogu da se koriste sijalice sa zagrevnim vlaknom, o čemu je bilo reči u tekstu u vezi sa slikom 2.17. Nedostatak talasomera sa LED diodom ili sijalicom je njihova nedovoljna osetljivost. Kada se testira oscilator male snage, LED dioda ne svetli ako struja nije dovoljno velika. U tom slučaju može da se proba sa kalemom LT koji ima više zavojka, ali znatno bolji rezultati se ostvaruju ako se umesto LED diode na kalem priključe jednostavan detektor i voltmetar za merenje jednosmernih napona, kao što je prikazano na slici 2.37-a. Sada su i mogućnosti veće jer se lako konstatuju i male promene veličine napona na ocilatornom kolu. To može da

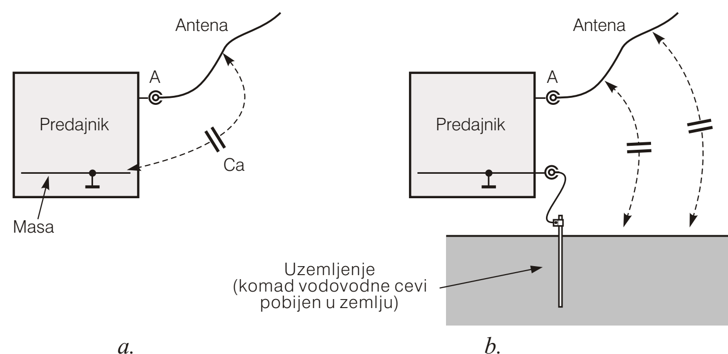


Slika 2.37. Talasomer sa digitalnim voltmetrom: a - šema veza, b - praktična realizacija

se iskoristi pri podešavanju antene, što se ostvaruje dodavanjem kalema na red sa antenom (L2 na slici 2.32): podešenost je ostvarena kada voltmetar na slici 2.37 pokaže da se napon na kolu smanjio na polovinu u odnosu na napon kada kalema nema.

2.6.3. Struja u anteni

Kao što je to detaljno opisano u PE5, najjednostavniji radio-prijemnik sa slušalicama nema bateriju za napajanje. Električna energija koja je neophodna za rad slušalica je energija koju prijemnik dobija iz prijemne antene, a to je jedan mali deo energije koju emituje predajnik na koji je taj prijemnik podešen. Da bi predajnik emitovao energiju, neophodno je da u anteni pored napona postoji i struja. U opisanim predajnicima kao emisiona antena se koristi komad žice koja je samo jednim krajem spojena na izlaz predajnika. Kuda teče struja u takvoj anteni? Ona, prema slici 2.38-a, teče kroz kondenzator Ca koji obrazuju antena i masa predajnika. Ako se predajnik uzemlji (slika 2.38-b),



Slika 2.38. Struja antene teče kroz kondenzator Ca

kapactivnost tog kondenzatora je veća, pa su i struja u anteni i emitovana energija veći.

Jednostavan dokaz da u anteni postoji struja je da se između antene i predajnika ubaci sijalica male snage, kao na slikama 2.30 i 2.31. Kada se predajnik uključi, sijalica svetli, što je očigledna potvrda da kroz antenu teče struja. U nedostatku sijalice, može da se koristi LED dioda. Pri usklađivanju antene i predajnika ili bilo kakvom drugom podešavanju, treba se truditi da sijalica ili dioda svetle što jače. Umesto sijalice može da se veže i otpornik male otpornosti. Struja kroz antenu se dobija deljenjem razlike napona na njegovim krajevima sa njegovom otpornošću. (Ovo merenje ne može da se obavi univerzalnim instrumentom, kao na slici 2.23, jer ovi instrumenti ne mogu da mere VF napone. Potreban je ili osciloskop ili VF voltmetar.)

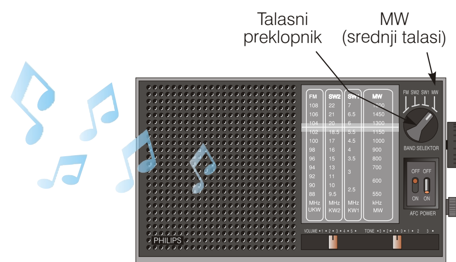
2.6.4. Učestanost predajnika

Kada se konstatuje da oscilator predajnika radi, uključi se antena i na ulaz dovede NF modulišući signal. Na najmanje nekoliko metara od predajnika uključi se radio-prijemnik sa preklopnikom za biranje talasnih područja u položaju za prijem srednjih talasa, odnosno za prijem AM signala u opsegu od oko 500 kHz do oko 1600 kHz. Dugme na prijemniku kojim se vrši podešavanje na stanicu se pomera dok se ne ostvari prijem programa našeg predajnika. Zatim se na skali prijemnika pročita učestanost.

Učestanosti (u kilohercima) nekih naših i stranih radio-predajnika iz oblasti srednjih talasa, koji mogu da se koriste za proveru i podešavanje učestanosti oscilatora dati su u poglavlju "Talasni opsezi" u PE5.

2.6.5. Prijem

Prijem se ostvaruje pomoću fabrički izrađenog prijemnika koji ima prijemno područje srednjih talasa. Takav jedan uređaj je prikazan na slici desno. To je Filipsov radio-prijemnik koji ima sledeća prijemna područja: MW (srednji talasi) od 540 kHz do 1600 kHz, FM (UKT) od 88 MHz do 108 MHz, i dva kratkotalasna opsega, SW1 od 2,5 MHz do 7 MHz i SW2 od 9 MHz do 22 MHz. Talasni preklopnik je u položaju MW.



3.

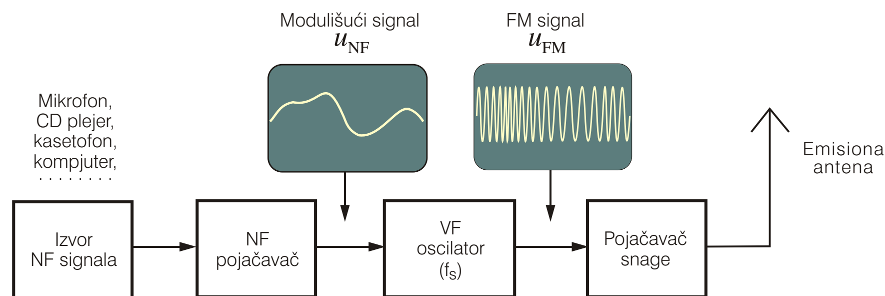
FM PREDAJNICI

FM je akronim izraza Frekvencijska Modulacija, a to je postupak kojim se ostvaruje da se učestanost, a ne amplituda, kao kod AM predajnika, menja u skladu sa trenutnom vrednošću električnog signala, koji predstavlja električnu sliku informacije koja se prenosi. Blok-šema jednostavnog FM predajnika prikazana je na slici 3.1. Na toj slici je prikazan i oblik FM signala (u_{FM}) kada modulaciju vrši NF signal (u_{NF}).

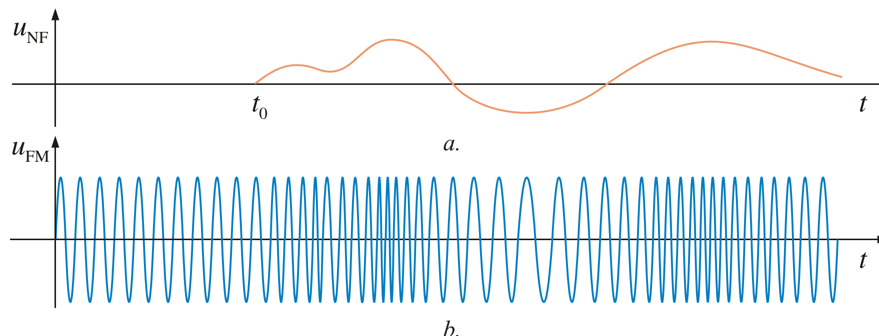
U malo preglednijem obliku, ova dva signala su prikazana i na slici 3.2. Do trenutka t_0, nema NF signala u_{NF}, iz mikrofona ili nekog drugog izvora NF signala, pa VF napon koji stvara oscilator predajnika ima konstantnu i amplitudu i učestanost. Kada se, u trenutku t_0, pojavi NF signal, počinje modulacija i učestanost predajnika se menja u skladu sa trenutnom vrednošću NF signala: dok se ovaj signal povećava - učestanost predajnika se povećava, dok se on smanjuje - učestanost se smanjuje. Za vreme dok je NF signal pozitivan, učestanost predajnika je veća, a dok je negativan manja od srednje vrednosti. Srednja vrednost je učestanost na kojoj predajnik radi i koju ima kada nema modulacije (kada nema NF signala).

U radio-difuziji frekvencijska modulacija se koristi u delu UKT (ultrakratki talasi) područja od 88 MHz do 108 MHz. Prijemnici se retko izrađuju kao isključivo FM prijemnci, skoro uvek oni pored pomenutog FM područja imaju i AM područje (od 540 kHz do 1620 kHz), a složeniji uređaji imaju područje dugih talasa (LW) kao i jedno ili više kratkotalasnih podruja (SW). Pri prijemu FM signala radio-difuzni prijemnici imaju znatno veću osetljivost nego pri prijemu AM signala, pa se ostvarivanje određenog dometa veze postiže sa FM

predajnicima manjih snaga nego u slučaju AM predajnika.



Slika 3.1. Blok-šema FM predajnika

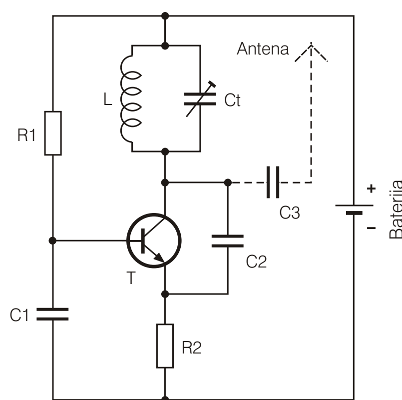


Slika 3.2. Talasni oblici napona kod frekvencijske modulacije: a - modulišući signal, b - FM signal

3.1. Blokovi FM predajnika

3.1.1. Oscilator

Električna šema VF oscilatora koji se najčešće koristi u jednostavnim FM predajnicima prikazana je na slici 3.3. Bez kondenzatora C2, to je selektivni VF pojačavač sa tranzistorom u spoju zajedničke baze: ulaz u pojačavač je između emitera i mase, a izlaz između kolektora i mase. Ulazni i izlazni naponi su u fazi, pa kad se doda C2, ostvaruje se pozitivna povratna sprega, i pojačavač se pretvara u oscilator. Da bi se ostvario prvi Barkhauzenov uslov oscilovanja, veličina napona koji se sa izlaza vraća na ulaz (u_r) treba da je jednaka $u_r = u_{iz}/A$, gde je A pojačanje pojačavača. To se ostvaruje izborom potrebne veličine kapacitivnosti kondenzatora C2. Učestanost oscilatora se, promenom kapacitivnosti Ct, podesi na neku pogodnu vrednost u opsegu od 88 MHz do 108 MHz, pa se za prijem koristi običan kućni radio-prijemnik, sa preklopnikom u položaju za prijem FM signala.



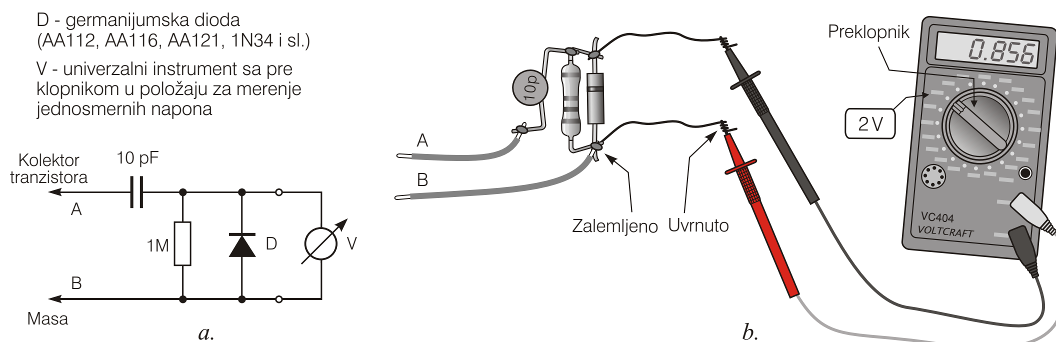
Slika 3.3. Oscilator FM predajnika

Otpornost otpornika R1 se nalazi u granicama od nekoliko kilooma do nekoliko desetina kilooma, a otpornika R2 u granicama od stotinak oma do oko jednog kilooma. Pri tome, treba imati u vidu da se sa manjim otpornostima R2 dobija veća izlazna snaga. Kondenzatorom C1 se ostvaruje kratak spoj za VF struju između baze i mase, odnosno ostvaruje se da tranzistor radi u pominjanom spoju zajedničke baze. Njegova kapacitivnost je u granicama od 1 nF do desetak nanofarda. Pomoću kondenzatora C2 se ostvaruje pozitivna povratna sprega. Njegova kapacitivnost je u granicama od nekoliko pikofarada do oko dvadeset pikofarada. Kod jednostavnih FM predajnika, preko C3 se FM signal vodi u antenu. Kapacitivnost C3 se nalazi u granicama od 1pF do nekoliko desetina pikofarada. Pravilo je: duža antena - manja kapacitivnost. Ako se ovo pravilo ne poštuje, učestanost ne može da se podesi, tako da bude u opsegu od 88 MHz do 108 MHz, već će biti znatno niža i signal predajnika neće moći da se primi običnim kućnim prijemnikom. Trimerom Ct se podešava učestanost oscilatora. Najbolje je ako se koristi trimer čija se kapacitivnost menja u granicama od oko 2 pF do oko 20 pF. Induktivnost kalema L je oko 0,1 μH. Kalem se izrađuje od bakarne žice prečnika od 0,4 mm do 1 mm koja se mota oko nekog valjkastog tela (flomaster, olovka, burgija i sl.) prečnika oko 5 mm. Broj zavojaka kalema je od 5 do deset, što zavisi od prečnika tela na kome se mota: veći prečnik - manji broj zavojaka i obrnuto, manji prečnik - više zavojaka. U vezi sa kalemom, videti poglavlje 4.5.

a. Da li oscilator radi?

Najsigurnija provera da li oscilator osciluje se ostvaruje pomoću osciloskopa koji se priključuje između kolektora tranzistora i mase. Osciloskope koji rade na učestanostima oko

100 MHz, a to su učestanosti na kojima radi oscilator o kome je reč, poseduju samo specijalizovane firme i laboratorije, pa se u amaterskim uslovima koriste "priručna sredstva". Jedno od njih je diodni detektor čija je šema prikazana na slici 3.4-a.



Slika 3.4. Paralelni diodni detektor i instrument za proveru rada oscilatora: a - električna šema, b - izgled

Dioda D mora da bude VF germanijumska dioda male snage, kao što su AA112, AA121, AA131, 1N34, 1N914 i sl. Upotrebljeni kondenzator ima kapacitivnost od 10 pF, ali ona može da bude i nešto manja i nešto veća od te vrednosti. Slično važi i za otpornik.

Na izlaz detektora je priključen univerzalni digitalni instrument sa preklopnikom za biranje vrste merenja postavljenim u položaj za merenje jednosmernih napona. Provodnici A i B treba da budu što kraći, što važi za sve druge provodnike i veze između komponenata. Provodnik A se privremeno (dok traje provera i podešavanje) zalemi za stopicu u koju je zalemljen kolektor tranzistora, a provodnik B za stopicu u koju je zalemljen donji kraj otpornika R2. Uključi se napajanje. Ako oscilator radi, instrument će da pokaže da na izlazu detektora (na otporniku) postoji jednosmerni napon od nekoliko desetih delova volta do oko dva volta. Pri podešavanju, o kome će kasnije biti reči, treba se truditi da napon na voltmetru bude što veći jer je to znak da VF napon koji stvara oscilator ima veću amplitudu.

b. Modulacija

Učestanost oscilatora je data Tomsonovim obrascem:

$$f_o = \frac{1}{2\sqrt{L(C_{CB}+C_t+C_e)}},$$

u kome su:

L - induktivnost kalema,

C_{CB} - kapacitivnost P-N spoja kolektor-baza. Jednostavnije rečeno, to je kapacitivnost između kolektora i baze unutar samog tranzistora,

C_t- kapacitivnost trimer kondenzatora i

C_e - ekvivalentna kapacitivnost koja predstavlja rednu vezu kapacitivnosti C_2 i kapacitivnosti između baze i emitera tranzistora (C_{BE}).

Frekvencijska modulacija, a to znači promena učestanosti f_o, se ostvaruje tako što se, u skladu sa trenutnom vrednošću informacije koja se prenosi, menja kapacitivnost C_{CB}. Veličina ove kapacitivnosti zavisi od veličine napona između kolektora i baze U_{CB}, koji je jednak razlici $U_C – U_B$. Dok na slici 3.3 nema modulišućeg NF signala (u_{NF}), ova razlika napona je konstantna pa je i kapacitivnost C_{CB} konstantna. Kada se na bazu dovede NF signal, napon U_B postaje promenljiv (menja se u skladu sa NF signalom), pa se menja i kapacitivnost C_{CB}, i, prema gornjoj formuli, menja se učestanost oscilatora, odnosno ostvaruje se frekvencijska modulacija.

Postoje i drugi načini frekvencijske modulacije. Jedan od češće korišćenih je modulacija pomoću varikap diode, o čemu će biti reči u nekim od projekata u tekstu koji sledi.

c. Podešavanje učestanosti

FM predajnici u kojima se koristi oscilator sa slike 3.3 rade na učestanosti koja se nalazi u granicama od 88 MHz do 108 MHz. To je područje u kome se obavlja radio-difuzija u kome se skoro svakodnevno pojavljuje neki novi profesionalni predajnik, tako da je gužva sve veća. Da ne biste došli pod udar zakona, nemojte da povećavate snagu vašeg predajnika niti da koristite profesionalne antene. Pored toga, da ne bi ometali svoje susede, potrudite se da svoju emisiju vršite na nekoj učestanosti na kojoj u vašem kraju ne emituje ni jedna profesionalna stanica. To znači da na skali vašeg radio-prijemnika treba da pronađete neko prazno mesto, učestanost na kojoj nema nikakvog programa, i da vaš oscilator podesite na tu učestanost. Podešavanje učestanosti oscilatora se obavlja pomoću trimera Ct. Smanjivanjem njegove kapacitivnosti učestanost oscilatora se povećva, a povećavanjem smanjuje. Pri tome treba imati u vidu da učestanost oscilatora zavisi i od kapacitivnosti svih drugih kondenzatora na šemi, kao i od dužine antene. Naročito je važno istaći kondenzator C2, od njegove kapacitivnosti zavisi i učestanost oscilatora i veličina pozitivne povratne sprege. Na našem prototipu oscilatora, sa C2=18 pF, antenom u obliku žice dugačke 75 cm i trimerom čija je kapacitivnost podešena na Ct=13 pF, učestanost oscilatora je bila f_o=91 MHz. Promenom

kapacitivnosti Ct, učestanost je mogla da se podesi u opsegu od oko 88 MHz do oko 100 MHz, ali su najbolji rezultati ostvareni na učestanostima oko 90 MHz. Ako vi želite da emitujete na nekoj višoj učestanosti, treba prvo zameniti kondenzator C2, i umesto 18 pF koristiti blok kondenzator manje kapacitivnosti, recimo 15 pF. Ako želite da radite na još višoj učestanosti treba probati sa C2=10 pF, pa sa 8,8 pF i 4,7 pF. Pošto se zalemi novi C2, učestanost oscilatora se podesi pomoću Ct.

Može da bude korisno ako se umesto C2 koristi trimer, isti kao Ct na slici 3.3. Tada je na bilo kojoj učestanosti moguće podesiti i optimalnu povratnu spregu, tako da VF napon koji stvara oscilator ne bude izobličen, čime se ostvaruje kvalitetniji rad i manje ometanje drugih predajnika. Optimalna podešenost je ostvarena kada se program našeg predajnika čuje na samo jednom mestu na skali prijemnika.

Podešavanje se obavlja na sledeći način. Uključi se radio-prijemnik i podesi na neko prazno mesto koje se nalazi negde oko 92 MHz. Prijemnik se postavi što dalje od predajnika, na bar nekoliko metara od njega. Na kolektor se zalemi kraj komada izolovane bakarne žice dužine oko 75 cm. To je emisiona antena koja mora da bude priključena prilikom podešavanja, a koja je na slici 3.3 prikazana isprekidanom linijom. Između baze tranzistora i mase (sl. 3.3) dovede se, preko sprežnog kondenzatora kapacitivnosti 5 μF, neki NF signal (sa zvučnika ili priključka za slušalicu kasetofona, CD-plejera, sa kompjutera, RC oscilatora sa slike 3.8 i sl.). Efektivna vrednost ovog signala treba da je oko 100 mV, optimalna vrednost se podešava kasnije. Sa C2=18 pF, prijemnik se podesi na neko prazno mesto na skali, oko 92 MHz. Vrlo pažljivo se okreće trimer kondenzator dok se u zvučniku prijemnika ne pojavi NF signal. Ovo izgleda jednostavno, ali nije. Treba biti vrlo strpljiv jer i sasvim male promene kapacitivnosti trimer kondenzatora dovode do značajnih promena učestanosti. Krajnje, sasvim precizno podešavanje, obavlja se dugmetom za biranje stanica na prijemniku. Znači, podesite učestanost pomoću trimera najbolje što možete, pa podesite optimalan prijem, i na skali prijemnika pročitate kolika je učestanost. Ako je učestanost znatno veća od 92 MHz, povećajte kapacitivnost trimera pa ponovo podesite prijemniki itd. Podešavanje je završeno kada se vaš program čuje na samo jednom mestu na skali prijemnika. Sad podesite veličinu NF signala tako da se ostvari kvalitet i jačina zvuka koji su približno isti kao i pri prijemu profesionalnih stanica koje rade na bliskim učestanostima.

Podešavanje može da se obavi i bez NFsignala. Prijemnik se podesi na program nekog profesionalnog predajnika koji radi u blizini 92 MHz. Podešavanje se vrši na opisani način dok se pomenuti predajnik ne izgubi, odnosno dok vaš predajnik ne "prekrije" taj predajnik. Jednostavnije rečeno, umesto muzike ili govora koji emituje profesionalni predajnik nastane tišina. Sada, trimerom, podesite učestanost najbolje što možete, a zatim odete do prijemnika i okrećete lagano dugme za biranje stanice i podešavate se na mesto na kome se "čuje tišina". Vratite se do predajnika, sasvim malo okrenete trimer, i na radiju se ponovo čuje neki profesionalni predajnik, ili ton u obliku šuštanja, koji postoji ako na tom mestu nema predajnika.

Ova mogućnost, mogućnost da se emituje tišina, može da bude korisna ako u kući ili komšiluku imate nekog ko voli da pušta radio "iz sve snage". Okrećite pažljivo trimer dok učestanost vašeg predajnika ne postane jednaka učestanosti stanice na koju je podešen prijemnik pomenutog ljubitelj glasne muzike i muzika će da prestane. Jedan poznanik autora ovog teksta je tako "stišavao" radio svoje ćerke, ali su ga "provalili" kad je na isti način počeo da isključuje i ton TV prijemnika dok traju reklame.

3.1.2. Antena

Emisiona antena je u obliku vertikalnog štapa dužine 75 centimetara. To je, zapravo, komad izolovane bakarne žice te dužine. Dobro je da se žica okači o nešto, tako da je u vertikalnom položaju, ali može da bude i u nekom drugom položaju.

To je tzv. λ/4 (lambda četvrtinska) antena. Naime, ovaj predajnik radi na učestanosti koja je približno jednaka 100 MHz, pa je talasna dužina elektromagnetnog talasa koji se stvara oko antene i širi u okolni prostor:

$$= \frac{c}{f} = \frac{3\ 10^{8}\ m/s}{100\ 10^{6}\ Hz} = 3\ m.$$

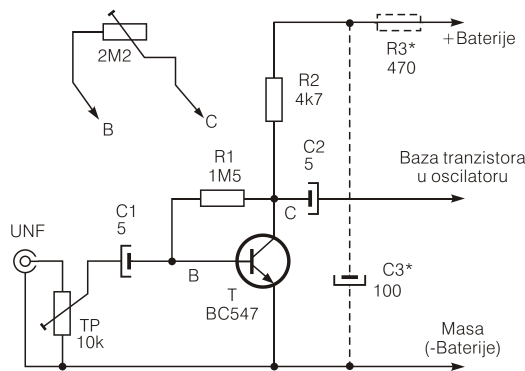
Jednostavna antena u obliku pravolinijskog provodnika najefikasnije zrači elektromagnetnu energiju ako joj je dužina jednaka λ/2, ali su rezultati takođe dobri ako joj je dužina λ/4, što u našem slučaju iznosi 75 cm. Ako rastojanje između predajnika i prijemnika nije veliko, može da se koristi i antena manje dužine.

Vertikalna štap antena ima kružni dijagram zračenja, što znači da podjednako zrači energiju u svim pravcima normalnim na antenu. To je dobro kada se vrši emisija za veći broj slušalaca, što je slučaj u radio-dufuziji. Usmereno zračenje (zračenje energije samo u jednom pravcu), kao i usmereni prijem, ostvaruje se pomoću usmerenih antena. Najpoznatije takve antene su savijeni dipol sa direktorima i reflektorima i log-per antene (popularne loge) koje se koriste za prijem TV signala.

3.1.3. NF pojačavač

Niskofrekventni pojačavač se koristi kada je NF signal kojim se vrši modulacija manji od 100 mV. To je, na primer, slučaj kada se koristi dinamički mikrofon. Električna šema najjednostavnijeg NF pojačavača koji može da se iskoristi je prikazana na slici 3.5.

Modulišući signal se, preko mikrofonskog kabla i odgovarajućeg utikača, dovodi na utičnicu UNF. Sa nje, signal se, preko mikrofonskog kabla, vodi na trimer potenciometar za regulaciju nivoa NF signala. Ako ne posedujete kabl, koristite komade obične izolovane žice, trudeći se da oni budu što je moguće kraći.



Slika 3.5. Najjednostavniji NF pojačavač

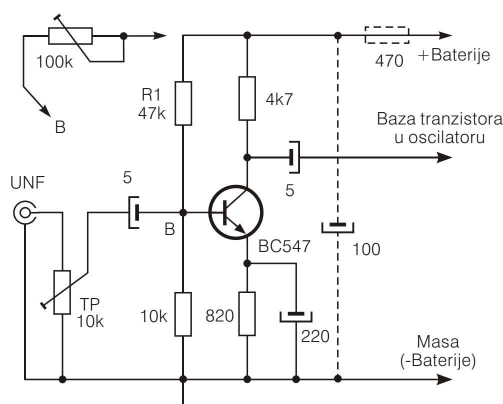
Vrednosti komponenata nisu kritične, mogu da se koriste i približne vrednosti. Iskorišćen je tranzistor BC547, ali umesto njega može da se koristi bilo koji NF tranzistor male snage.

Za pravilan rad pojačavača važno je da jednosmerni napon na kolektoru (između kolektora i mase) bude približno jednak polovini napona baterije za napajanje, što se podešava pomoću otpornika R1. Dakle, priključite između kolektora i mase univerzalni instrument, sa preklopnikom u položaju za merenje jednosmernih napona. Ako je napon zantno veći (za više od 10%) od polovine napona baterije, treba smanjiti otpornost otpornika R1. Ako je napon znatno manji, treba povećati otpornost R1. Oba ova podešavanja najlakše se ostvaruju tako što se između baze i emitera , umesto R1, privremeno priključi linearni trimer potenciometar otpornosti 2.2 M sa klizačem u srednjem položaju. Pažljivim pomeranjem klizača trimera podesi se da napon na kolektoru bude jednak polovini napona baterije. Zatim se trimer izvadi iz kola. Om-metrom se izmeri otpornost od klizača do korišćenog kraja i u kolo zalemi otpornik približno tolike otpornosti.

Otpornik R3 i kondenzator C3 obrazuju filter koji se ubacuje u slučaju pojave nestabilnog rada NF pojačavača.

Ovaj pojačavač, bez ikakvih izmena može da se koristi pri naponima baterije od 3V do 12 V. Ako je napon napajanja znatno veći od 12 V, najbolje je koristiti otpornik R3 (i kondenzator C3), na kome se ostvaruje potreban pad napona, tako da je napon na gornjem kraju otpornika R2 oko 12 V.

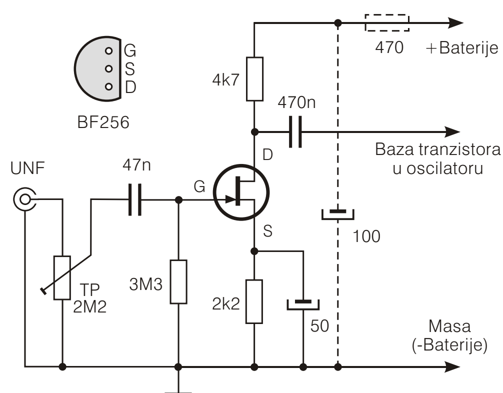
Sa baterijom od 12 V, bez priključenog sledećeg stepena, pojačavač ima pojačanje napona A_U=140. Kad se priključi sledeći stepen, u našem slučaju to se ostvaruje kada se desni kraj C2 spoji sa bazom tranzistora u oscilatoru (sl. 3.3), pojačanje se smanjuje za više od dva puta, ali je i tada znatno veće od potrebnog A_U=20. Potrebna veličina izlaznog napona pojačavača (oko 100 mV) se ostvaruje podešavanjem veličine ulaznog napona, pomoću trimera TP.



Slika 3.6. NF pojačavač

Najznačajnija prednost pojačavača sa slike 3.5 je veoma jednostavna šema, odnosno minimalan broj komponenata. Znatno bolji rezultati se ostvaruju sa pojačavačem sa slike 3.6. On ima više komponenata, ali je zato stabilnost radne tačke znatno bolja nego kod pojačavača sa slike 3.5.

I kod ovog pojačavača, jednosmerni napon na kolektoru tranzistora treba da je približno jednak polovini napona baterije. To se proverava i podešava na već opisan način. Trimer potenciometar (100 kΩ), pomoću koga se nalazi potrebna veličina otpornosti otpornika R1, se, umesto ovog otpornika, vezuje između baze tranzistora i tačke u kojoj je bio zalemljen gornji kraj otpornika R1. Pomeranjem klizača, podesi se jednosmerni napon na kolektoru, trimer se odlemi, izmeri se otpornost, i u kolo ubaci otpornik približno tolike otpornosti.



Naponsko pojačanje ovog pojačavača bez priključenog sledećeg stepena je oko 200. Ono se znatno smanjuje kada se priključi sledeći stepen, ali je i tada veće od potrebne

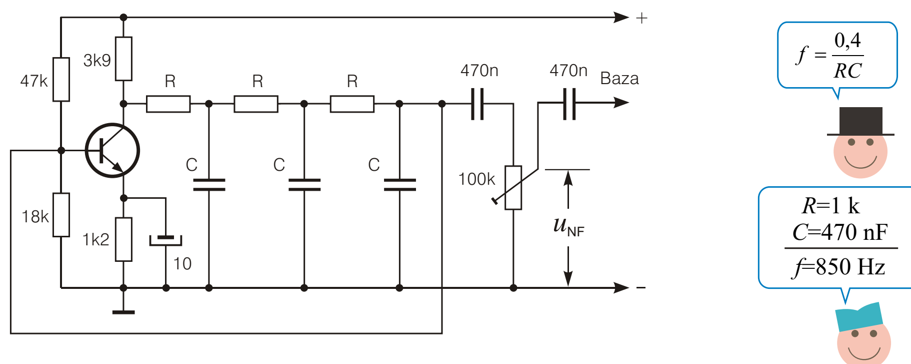
Slika 3.7. NF pojačavač sa FET-om

veličine, pa se i ovde veličina izlaznog signala podešava pomoću trimer potenciometra TP.

Za pojačavanje NF signala koje stvaraju izvori koji imaju vrlo veliku unutrašnju otpornost (keramički mikrofon, keramička gramofonska zvučnica i sl.) potrebno je da pojačavač ima vrlo veliku unutrašnju otpornost. Takav je pojačavač sa FET-om čija je električna šema prikazana na slici 3.7. I ovde se podešavanje potrebne veličine izlaznog napona vrši podešavanjem veličine ulaznog signala, pomoću trimera TP.

3.1.4. RC oscilator

Kao što je to već objašnjeno, pri podešavanju učestanosti predajnika, na bazu tranzistora u oscilatoru dovodi se NF signal iz nekog izvora (CD plejer, kasetofon i sl.). Podešavanje se lakše obavlja ako se kao NFsignal koristi prostoperiodični napon učestanosti nekoliko stotina herca. Takav napon se stvara pomoću RC oscilatora. Električna šema jednostavnog, ali sasvim dobrog, RC oscilatora prikazana je na slici 3.8. Učestanost NF signala zavisi od veličine otpornosti i kapacitivnosti upotrebljenih otpornika i kondenzatora i data je obrascem f=0,4/(RC). Sa vrednostima komponenata kao na slici učestanost je f=850 Hz. Provera ispravnosti oscilatora se vrši tako što se na izlaz priključe slušalice. U njima treba da se čuje čist neizobličen ton učestanosti 850 Hz.



Slika 3.8. RC oscilator

3.1.5. Konstrukcija

Osnovni problem koji treba imati u vidu pri realizaciji FM predajnika o kojima je ovde reč je stabilnost učestanosti oscilatora. Ona može da se ostvari samo ako se predajnik smesti u neku metalnu kutiju. Da bi ova kutija odigrala svoju ulogu Faradejevog kaveza, ona mora da bude komadom žice povezana sa masom predajnika. Pri tome, ne sme da se zaboravi poklopac kutije, on mora da je u odličnom električnom kontaktu sa samom kutijom. Vrlo je korisno da je kutija metalnom pregradom podeljena u dva dela, u jedan se smešta oscilator a u drugi NF pojačavač.

U nedostatku metalne, može da se koristi i kutija od nekog izolacionog materijala (plastike, šper-ploče i sl.), koja se obloži aluminijumskom folijom (staniolom). Pri tome, kao i u slučaju metalne kutije, nikako ne sme da se zaboravi da između svih komada staniola (ako ih ima više, radi lakšeg oblaganja) mora da postoji dobar električni kontakt, i da jedan od komada mora da bude spojen sa masom predajnika.

Bez obzira kakva je, na kutiji mora da, na odgovarajućim mestima, budu izbušene dve rupe kroz koje se provlači vrh odvrtke kojom se podešavaju trimer kondenzator u oscilatoru i trimer potenciometar na ulazu NF pojačavača. Pored ovih, treba izbušiti i rupe kroz koje izlazi komad žice koja predstavlja antenu, dve žice kojima se dovodi napajanje i mikrofonski kabl preko koga se dovodi NF signal. Naravno, ceo uređaj će biti lepši i profesionalniji ako se antena, žice i kabl priključe preko nekih utičnica i utikača, makar i najobičnijih buksni, kao što je prikazano na slici 2.26.

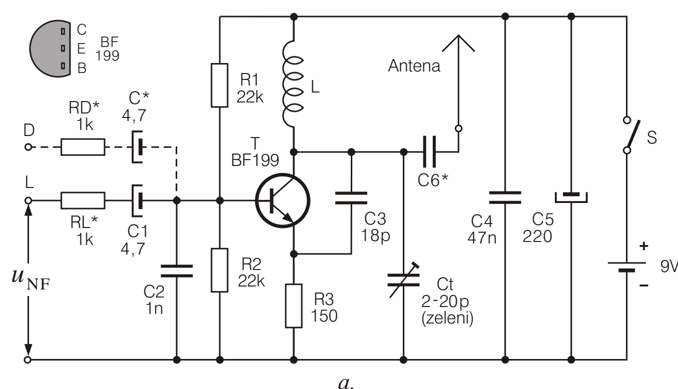
Što se tiče štampanog kola, najbolje je koristiti dvostranu štampu, s tim što se jedna strana koristi isključivo kao masa. U slučaju jednostrane štampe, pri projektovanju bakarnih veza treba se truditi da deo bakarne folije koja predstavlja masu bude što je moguće veće površine.

Postoji i mogućnost korišćenja jednostrane štampe na kojoj nema rupica za komponente, već se njihove nožice leme na mala bakarna ostrva, a ostatak bakarne folije (njen veći deo) se koristi kao masa. Povezivanje komponenata može da se ostvari i u tehnici "crknute bube" (dead-bug). U toj tehnici, cela bakarna površina je masa i na nju se leme nožice koje prema šemi veza idu na masu. Ostale nožice tih komponenata se koriste kao lemne tačke u koje se leme nožice ostalih komponenata. O svim ovim načinima praktične realizacije biće reči kasnije.

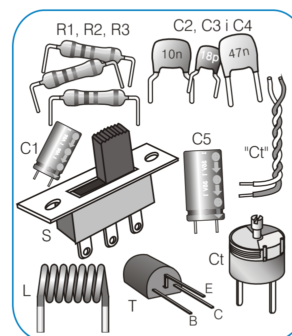
3.2. Najjednostavniji FM predajnik

Najjednostavniji FM predajnik ima samo oscilator čija se modulacija obavlja NF signalom sa priključka za slušalice ili sa zvučnika CD plejera, kasetofona i sl., čija je efektiv-

na vrednost najmanje oko 100 mV. Električna šema je prikazana na slici 3.9-a. To je malo izmenjena šema sa slike 3.3. Dodat je kondenzator C1. To je sprežni kondenzator koji na bazu tranzistora propušta NF signal, a sprečava da jednosmerni napon sa baze ode u uređaj iz koga se NF signal dovodi. Ovakav kondenzator verovatno, skoro sigurno, postoji i na izlazu tog uređaja, ali "što je sigurno - sigurno". Jednosmerni napon baze stvara se pomoću dva otpornika, R1 i R2, i to je, što se tiče stabilnosti radne tačke za jednosmernu struju, bolje nego kad se to ostvaruje samo jednim otpornikom, kao na slici 3.3. Zapaža se i da je jedan kraj



a.



b.

Slika 3.9. Najjednostavniji FM predajnik: a - električna šema, b - komponente, c - izrada kalema

Kalem L - 7 navojaka CuL žice, prečnika 0,6 mm
Burgija
4 mm
L
8 mm

c.

trimer kondenzatora otkačen od plusa i vezan za masu. U električnom pogledu, ništa se nije promenilo, jer je baterija kratak spoj za naizmeničnu struju, pa su plus i minus baterije jedna ista tačka. To je tako dok je baterija potpuno nova. Tokom vremena, kad se baterija delimično isprazni, njena unutrašnja otpornost poraste, tako da baterija nije više kratak spoj. Zato se dodaju kondenzatori C4 i C5, pa je kratak spoj za naizmeničnu struju između plusa i minusa obezbeđen, bez obzira na stanje baterije.

Trimer kondenzator je minijaturnog tipa, prečnika 5 mm sa dve nožice na rastojanju od 5,1 mm. Takvi trimer kondenzatori se smeštaju u kućište koje je delimično od plastike zelene boje. Umesto njega može da se koristi i drugačiji trimer, većih dimenzija, slične kapacitivnosti, za šta na pločici ima mesta. U tom slučaju stopice u koje se lemi treba razmestiti. Pri montaži trimer kondenzatora treba obratiti pažnju da sa masom bude povezan rotor. To olakšava podešavanje, jer manje dolazi do izražaja kapacitivnost ljudskog tela. Nožica koju treba povezati sa masom je ona koja je u električnom spoju sa zavrtnjem na gornjem delu trimera, pomoću koga se okreće rotor.

Što se tiče trimer kondenzatora, postoji i jedna druga mogućnost, to je trimer iz kućne radinosti. Na slici 3.3b on je obeležen sa "Ct", a pravi se uvijanjem dve izolovane bakarne žice. Povećavanje kapacitivnosti se ostvaruje daljim uvijanjem, tako da se žice približavaju, a smanjenje - odvijanjem. Skokovito smanjenje se ostvaruje odsecanjem krajeva.

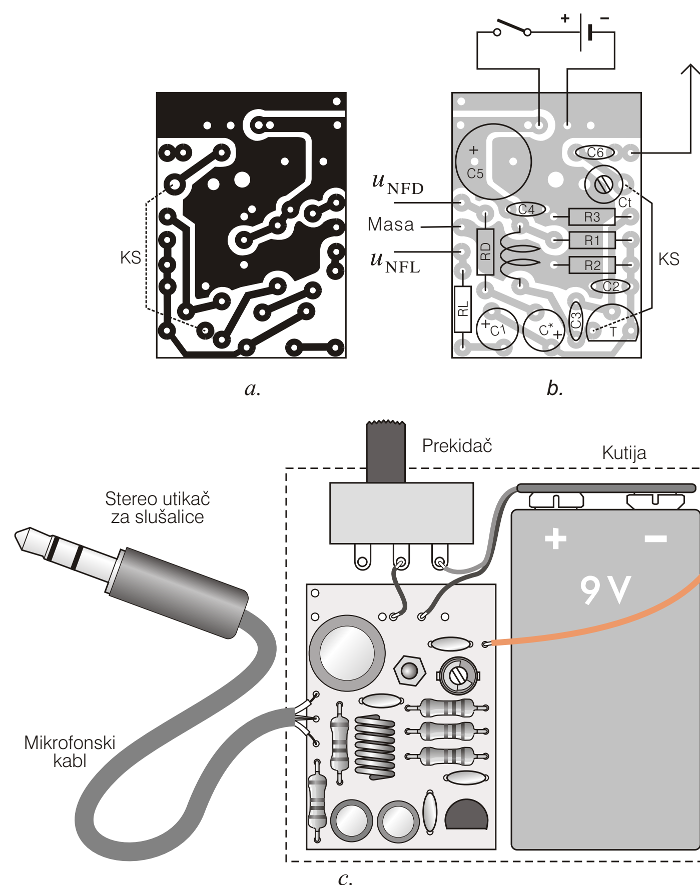
Kondenzatori C2, C3 i C4 treba da su keramički. C1 može da bude i manje kapacitivnosti, recimo 680 nF. Kapacitivnost C6 je u granicama od 1 pF (dugačka antena) do nekoliko desetina pikofarada (kratka antena). Ako je antena sasvim kratka (do 20 cm), C6 može da se izostavi. U tom slučaju, jedan kraj antene se zalemi direktno za kolektor tranzistora.

Otpornik RD* i kondenzator C* se dodaju ako se u_{NF} uzima iz nekog stereofonskog uređaja. Tada se NF signal iz levog kanala dovodi u tačku L (između nje i mase), a NF signal iz desnog kanala u tačku D, tako da na bazu stiže kompletan NF signal. Ako je izvor NF signala monofonski (recimo iz mikrofona, preko odgovarajućeg NF pojačavača), RD*, C* i RL nisu potrebni, a NF signal se dovodi na levi kraj kondenzatora C1.

Izrada kalema je prikazana na slici 3.9-c. Koristi se bakarna žica prečnika oko 0,6 mm, kojom se preko burgije od 4 mm namota 7 navojaka. Dok je još na burgiji, sa krajeva kalema se oštrim nožem pažljivo ostruže izolacija u dužini od oko 5 mm. Kalem se skine sa burgije i malo razvuče, tako da mu dužina bude oko 8 mm, kao što se vidi na desnom delu slike 3.9-c. Prečnik žice nije kritičan, moguće je koristiti i deblju žicu.

Provera i podešavanje učestanosti predajnika se obavlja na već opisani način. Kao što je napomenuto, treba biti pažljiv i strpljiv. Kad podesite predajnik na neku učestanost oko 92 MHz, ako vam se čini da prijem nije kako treba, okrenite rotor trimera za vrlo, vrlo mali ugao pa prijemnik podesite na novu učestanost. Ponovite ovo nekoliko puta dok prijem ne bude najbolji mogući. Kao orijentacija pri podešavanju može da vam posluži podatak koji smo izmerili na prototipu: učestanost oscilatora od 91 MHz ostvarena je sa Ct=13 pF. Poslednji korak u podešavanju optimalnog rada je podešavanje potrebnog nivoa NF signala, pri kome je reprodukcija na radio-prijemniku najkvalitetnija. To se obavlja pomoću potenciometra za regulaciju jačine na uređaju iz koga se uzima NF signal.

Štampana pločica je prikazana na slici 3.10. Na slici 3.10-a je pogled na pločicu sa strane lemljenja , a na slici 3.10-b sa strane komponenata. Kao što se vidi, bakarne linije na koje se priključuju pozitivan i negativan kraj baterije su proširene, tako da imaju što je moguće veću površinu. To je vrlo važna stvar o kojoj mora da se vodi računa pri projektovanju štampane ploče uređaja, naročito radio-predajnika, koji rade na vrlo visokim učestanostima. Još bolje rešenje je da linija kojom se preko štampe razvodi pozitivan kraj baterije bude tanka, a masa proširi preko cele pločice, a najbolje je koristiti dvostranu štampu kod koje se jedna strana u potpunosti koristi za masu.



Slika 3.10. Praktična realizacija predajnika sa slike3.9: a - štampana pločica sa strane bakra, b - raspored komponenata, c - kompletan uređaj (bez kutije)

* Prečnici rupica kroz koje se provlače nožice svih komponenata izuzev trimer kondenzatora su 0,8 mm. Za nožice trimera prečnici su 1,3 mm. (Ako ne posedujete burgiju prečnika 1,3 mm, izbušite rupu manjeg prečnika pa je pažljivo proširite pomoću šila.)

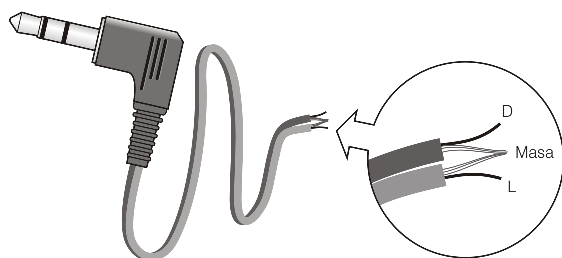
* Sa KS je obeležen kratkospojnik. To je komad izolovane bakarne žice čiji je jedan kraj zalemljen za stopicu u kojoj je desni kraj trimera, a drugi kraj za stopicu u kojoj je kolektor tranzistora. Ova žica je, nacrtana kao izlomljena linija. To je učinjeno isključivo zbog preglednosti crteža. U stvarnosti to je pravolinijski komad žice dužine oko 2 cm.

* Trimer kondenzator je minijaturnog tipa, prečnika 5 mm, zelene boje. Pri montaži, treba voditi računa da sa masom bude spojena nožica koja je u električnom spoju sa završnjem na trimeru. Ako je trimer koji je na raspolaganju većih dimenzija, treba malo prepraviti štampu, za šta je na pločici ostavljeno mesta. U slučaju da nemate nikakav trimer, probajte sa trimerom "Ct" sa slike 3.9b. Uz pomoć univerzalnog digitalnog instrumenta koji ima i mogućnost merenja kapacitivnosti nije teško podesiti kapacitivnost da bude jednaka 13 pF. Bez instrumenta, to može da se ostvari uz nekoliko proba sa dužinom uvijenih žica.

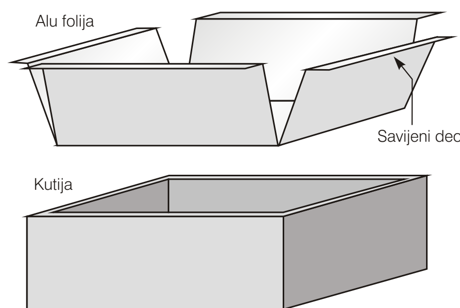
* Antena je komad savitljive (licnaste) izolovane žice dužine oko 75 cm, čiji je jedan kraj zalemljen u stopicu desno od C6. Ova žica se provuče kroz rupu na kutiji i postavi, ako je to moguće, u približno vertikalan položaj.

* Za dovođenje NF signala iz CD plejera, kasetofona, kompjutera itd. koristi se mikrofonski kabl. Pošto su to stereofonski signali (levi L i desni D), kabl treba da ima dva "živa" provodnika i mrežasti oklop. Živi krajevi se spajaju sa tačkama L i D, a oklop sa masom (sl. 3.9-a). Mikrofonski kabl i utikač, kao i povezivanje sa pločicom prikazani su na slici 3.10-c.

U nedostatku mikrofonskog kabla i utičnice sa ove slike, moguće je koristiti utikač i kabl jeftinih slušalica koje se koriste u prenosnim radio-prijemnicima, vokmenima i sl. (sl. 3.11). Oba kabla se preseku na potrebnu dužinu. Na oko jedan centimetar od kraja oba kabla, vrhom lemilice se u plastiku pažljivo ureže prsten i taj odvojeni deo plastike skine. Više tankih žica iz jednog i drugog kabla se skupe i zalelme zajedno. Ovaj snop žica se na štampanoj ploči spaja sa masom (sl. 3.10-b). Sa vrhova dveju izolovanih žica iz jednog i drugog kabla se skine izolacija i oni se kalajišu. Oni se leme u stopice koje su na slici 3.10 -b spojene sa gornjim krajevima RL i RD.

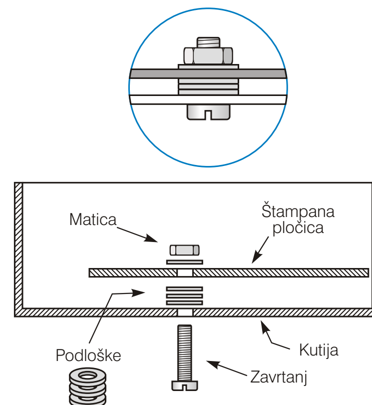


Slika 3.11. Utikač i kabl stereofonskih slušalica



Slika 3.12. Oblaganje kutije staniolom

* Kutija u koju se smešta predajnik treba da bude metalna ili, kao što je već napomenuto, od nekog izolacionog materijala obloženog aluminijumskom folijom. Kao primer, na slici 3.12 je prikazana takva jedna kutija. Iznad nje je komad staniola izvađen iz paklice cigareta ("DRINA original" - Duvanska industrija Niš). On je izrezan i savijen u oblik pravilnog krsta sa savijenim kracima. Vrhovi krsta se još jednom saviju. Ti, još jednom savijeni, delovi se zalepe za gornje rubove uspravnih strana kutije, tako da budu u kontaktu sa staniolom zalepljenim na unutrašnju stranu poklopca. Inače, staniol iz pomenute vrste cigareta je zalepljen na običnu hartiju. Ta strana sa hartijom se lepi u unutrašnjosti kutije. Lepak treba prvo naneti samo na nekoliko mesta na dnu kutije. Ubaci se folijal, podesi se njen položaj i pitisne na mestima sa lepkom. Lepak se, zatim, nanese na po nekoliko mesta na bočnim stranama i ta mesta pritisnu. Na kraju, lepak se nanese celom dužinom rubova bočnih strana i u tu zalepe savijeni delovi.



Slika 3.13. Montaža štampane pločice u kutiji

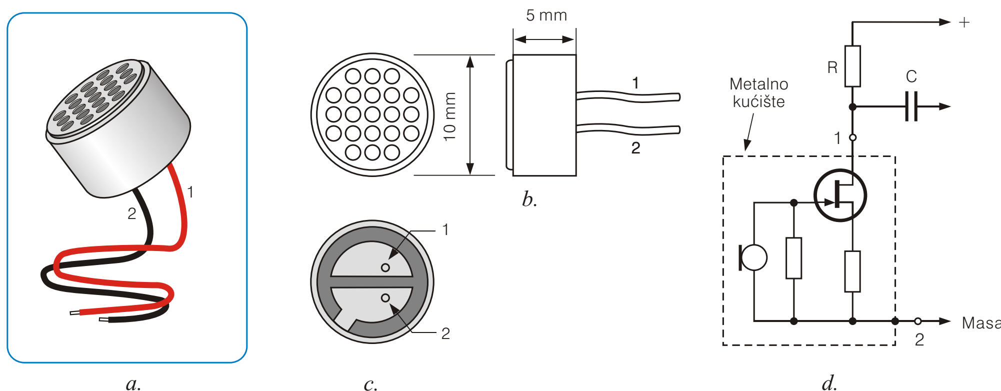
*Ostvarenje električne veze između mase na štampanoj ploči i staniola nije sasvim jednostavno, kao što izgleda. Glavni problem je u tome što aluminijum ne može da se lemi običnim lemilicama i kalajem. Zbog toga dobra električna veza može da se ostvari samo pouzdanim mehaničkim kontaktom. Jedan od načina da se to ostvari je prikazan na slici 3.13. Na štampanoj pločici i na odgovarajućem mestu na dnu kutije izbušene su rupe. Kroz rupu na dnu kutije se provuče mašinski zavrtanj prečnika 2 mm. Na njega se stavi metalni odstojnik u obliku valjka visine oko 3 mm. U mesto odstojnika može da se stavi nekoliko (na slici ih je tri) metalnih podloški. Zatim se stavi pločica i još jedna podloška i, na kraju, zavrtanj. Kada se zavrtanj pritegne, spoj izgleda kao u desnom delu slike 3.13.

3.3. Najjednostavniji FM predajnik sa mikrofonom

Modulacija FM predajnika iz prethodnog projekta vrši se NF signalom koji je je snimljen na CD, magnetnu traku, u memoriju kompjutera i sl. U ovom projektu je opisan najjednostavniji FM predajnik kod koga se modulacija vrši "uživo", pomoću elektret mikrofona.

Elektret mikrofon je specijalna vrsta kondenzatorskog mikrofona, koji je, zahvaljujući dobrim električnim karakteristikama, veoma malim dimenzijama, imunosti na potrese, niskoj ceni itd., stekao renome najpopularnijeg i najčešće korišćenog mikrofona.

Izgled, dimenzije i električna šema elektret mikrofona prikazani su na slici 3.14. Sa donje strane metalnog kućišta su dve razdvojene metalne površine koje predstavljaju električne priključke. Jedan od njih, onaj koji je na slici obeležen brojem 2, je spojen sa metalnim kućištem i on se spaja sa masom elektronskog uređaja u kome se koristi mikrofon.

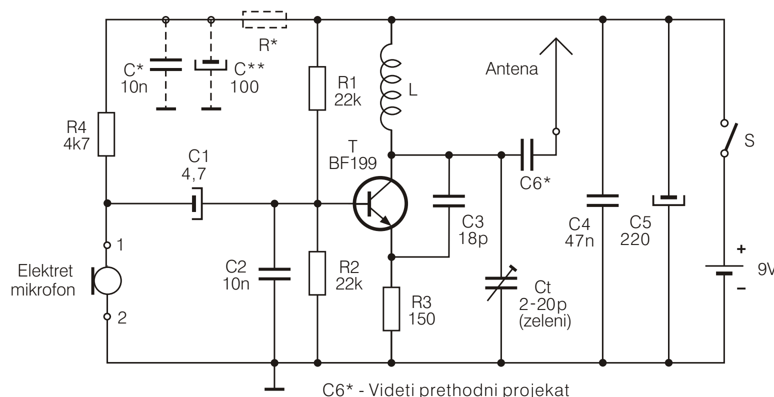


Slika 3.14. Elektret mikrofon: a - izgled, b - dimenzije, c - priključci, d - električna šema

Drugi priključak, obeležen brojem 1, je spojen sa drejnom FET-a ugrađenog u kućište zajedno sa mikrofonom. U kućištu mikrofona su, kao što se vidi na slici 3.14-d, ugrađeni elektret mikrofon i jedan NF pojačavač sa FET-om, tako da kompletan elektret mikrofon ne može da radi bez napajanja električnom energijom. To ne predstavlja značajan nedostatak ovog mikrofona, jer se on skoro isključivo koristi u elektronskim uređajima koji se takođe napajaju iz baterija ili ispravljača. Veličina jednosmernog napona baterije iz koje se napaja mikrofon se nalazi u širokom opsegu, od samo 1,5 V do nekoliko desetina volti. Otpornik R1 je obavezan, a njegova otpornost se nalazi u opsegu od više stotina oma do par desetina kilooma. Kapacitivnost kondenzatora C, preko koga se pojačani signal vodi na sledeći stepen, nalazi se u granicama od više stotina nanofarada do nekoliko mikrofarada.

Električna šema predajnika je prikazana na slici 3.15. Lako se zapaža da je to malo izmenjen predajnik sa slike 3.9. Pošto se sada modulacija obavlja monofonskim signalom, izostavljeni su RD*, RL i C*.

Otpornik R* i kondenzatori C* i C** obrazuju filter koji sprečava nepoželjnu vezu, preko voda za napajanje, između oscilatora i mikrofona. On se dodaje samo u slučaju da predajnik pokazuje



Slika 3.15. Najjednostavniji FM predajnik sa mikrofonom

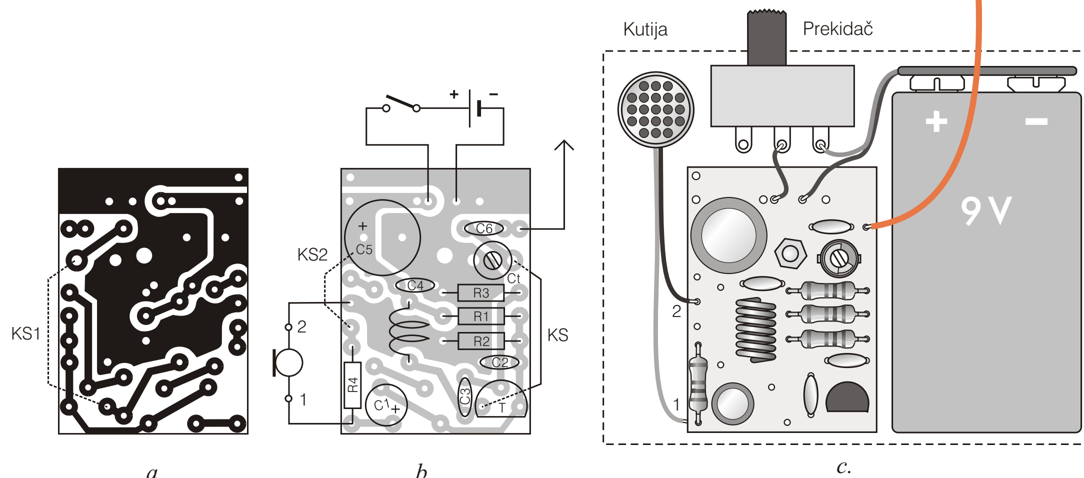
znake nestabilnog rada i izobličavanja NF signala.

Štampana pločica i raspored komponenata su prikazani na slici 3.16. To je pločica sa slike 3.10 na kojoj nema pomenutih RD*, RL* i C*, a ubačeni su R4 i KS2.

Na slici 3.16 su prikazani: štampana pločica gledana sa strane bakra, odnosno sa strane na kojoj se leme nožice komponenata (3.16-a), štampana pločica gledana sa strane na kojoj se montiraju komponente (3.16-b) i izgled kompletnog predajnika (3.16-c).

Pošto za kraj žice kojom je izvod 1 spojen sa pločicom nema posebne stopice, on je zalemljen (sa donje strane) na stopicu u kojoj je već zalemljen donji kraj R4.

Veza između gornjeg kraja R4 i pozitivnog pola baterije je ostvarena kratkospojnikom KS2. On se, kao i KS1, na slici 3.16c ne vidi jer je sa druge strane pločice.
Komponente, podešavanje itd. su detaljno opisani u prethodnom projektu.



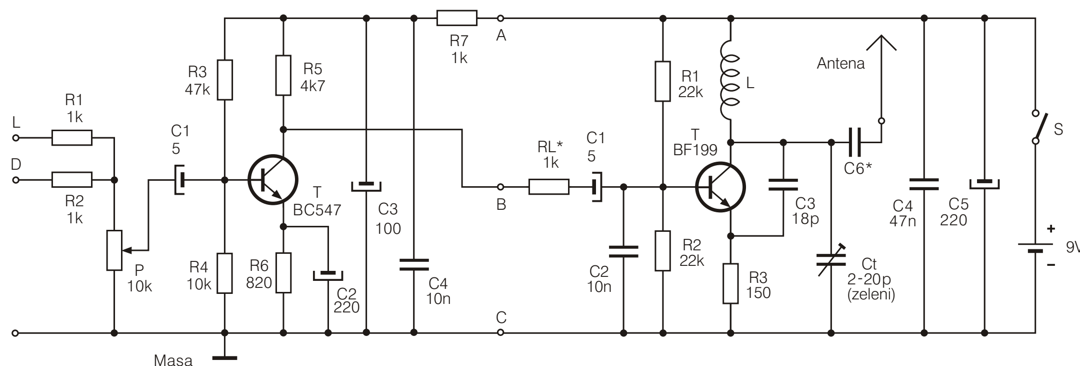
Slika 3.16. Praktična realizacija predajnika sa slike3.15: a - štampana pločica sa strane bakra, b - štampana pločica sa strane komponenata c - kompletan uređaj (bez kutije)

3.4. Najjednostavnij FM predajnik sa NF pojčavačem

Glavna dobra osobina predajnika sa slike 3.9 je izuzetna jednostavnost. S druge strane, glavni nedostatak je nedovoljna osetljivost na NF nivou. Jednostavnije rečeno, za njegov normalan rad neophodno je da NF signal kojim se vrši modulacija ima efektivnu vrednost od oko 100 mV. Pri slabijim NF signalima, modulacija nije dovoljno "duboka" pa je prijem pogoršan, odnosno praćen sa više šuma u zvučniku radio-prijemnika. Osetljivost može da se poveća dodavanjem NF pojačavača. U tu svrhu može da se koristi bilo koji od tri NF pojačavača opisanih u poglavlju 3.1.3. U slučaju da se koristi NF pojačavač sa slike 3.6, električna šema predajnika izgleda kao na slici 3.17. To je, kao što se vidi, šema dobijena kaskadnim povezivanjem NF pojačavača sa slike 3.6 i oscilatora sa slike 3.9. Obe šeme su po malo modifikovane. Na prvoj je izostavljen sprežni kondenzator od 5 F, jer takav postoji na ulazu druge šeme, a dodati su R1 i R2, za mešanje signala L i D. Na drugoj šemi su

izostavljeni RD* i C*.

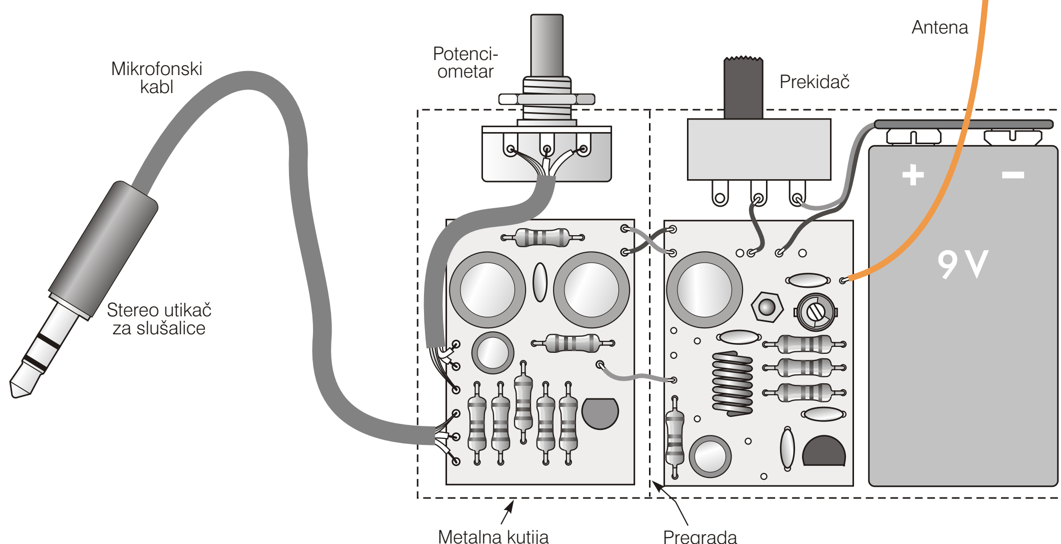
Da bi se sprečilo da oscilator utiče na rad NF pojačavača, ova dva stepena su potpuno razdvojena. Urađena su na posebnim pločicama, a ove su razdvojene tako što je između njih ubačena pregrada u obliku metalne pločice. Ova pločica treba da je u dobrom električnom spoju sa metalnom kutijom. Kroz nju se buši rupa kroz koju se provlače provodnici kojima se pločice povezuju. Na slici 3.17 tačke u kojima su ostvarene ove veze obeležene su sa A, B i C.



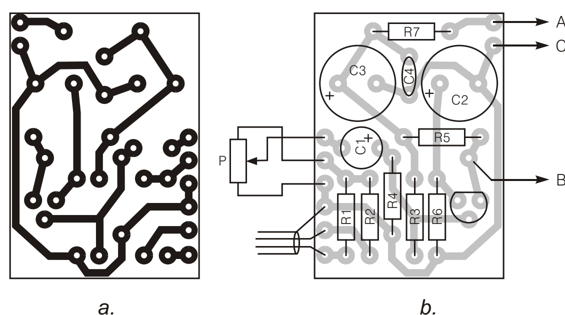
Slika 3.17. FM predajnik sa NF pojačavačem i oscilatorom

Pošto se kao izvor modulišućeg NF signala koristi neki savremeni stereofonski uređaj (CD plejer, kasetofon, kompjuter i sl.) koji ima dvokanalni izlaz (L - levi i D -desni kanal), a predajnik je monofonski, neophodan je mešač koji će da stvori zbirni signal (L+D). U tu svrhu koriste se otpornici R1 i R2 koji sa potencimetrom P obrazuju najjednostavniju miksetu. Zbirni NFsignal se dobija na potenciometru. Veličina NF signala koji se vodi na NF pojačavač se reguliše pomeranjem klizača. Znači, kad se učestanost predajnika, na ranije opisan način, podesi na neku vrednost oko 92 MHz, klizač se pomera dok se na radio-prijemniku ne ostvari optimalan prijem.

Za praktičnu realizaciju oscilatora koristi se štampano kolo sa slike 3.10 na kome se



Slika 3.19. Praktična realizacija FM predajnika sa slike 3.17



Slika 3.18. Štampana pločica NF pojačavača sa slike 3.17

izostavljaju RD i C*, a NF signal iz NF pojačavača se dovodi između gornjeg kraja RL i mase.

Štampana pločica NF pojačavača je prikazana na slici 3.18.

Za dovođenje NF signala iz NF pojačavača u oscilator najbolje je koristiti komad mikrofonskog kabla, ali pošto je ta veza vrlo kratka mogu da se koriste i obične žice.

3.5. FM predajnik sa mikrofonom i NF pojačavačem

Za normalan rad FM predajnika sa slike 3.15 potreban je veoma osetljiv elektret mikrofon. U protivnom, ako se koristi mikrofon čija osetljivost nije dovoljno velika, predajnik će normalno da radi samo ako je zvuk koji deluje na mikrofon prilično jak. Ako je zvuk sasvim tih, promena učestanosti oscilatora biće suviše mala, i prenos neće biti dobar. U takvim slučajevima potrebno je pojačati NFsignal iz mikrofona. Električna šema FM predaj-

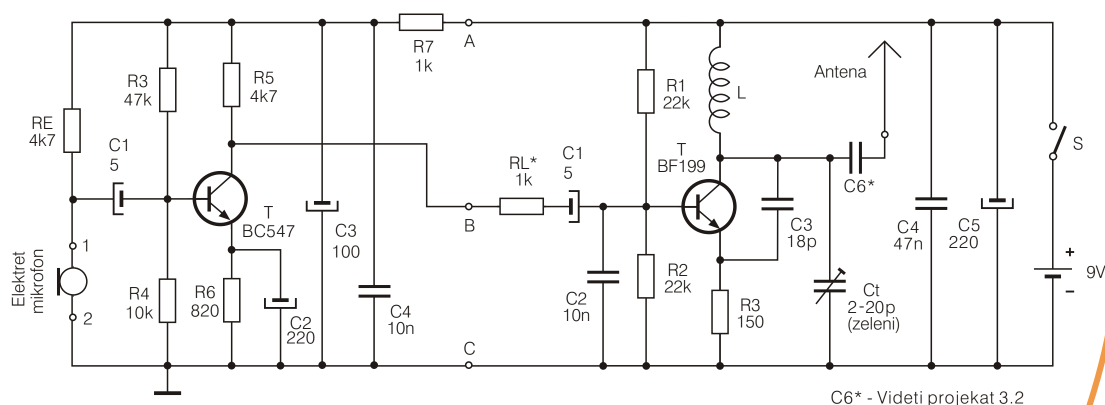
nika sa elektret mikrofonom i jednostavnim NF pojačavačem prikazana je na slici 3.20.

Lako se zapaža da je to električna šema sa slike 3.17 sa koje su izostavljeni potenciometar P i otornici R1 i R2, a dodati su mikrofon i otpornik RE.

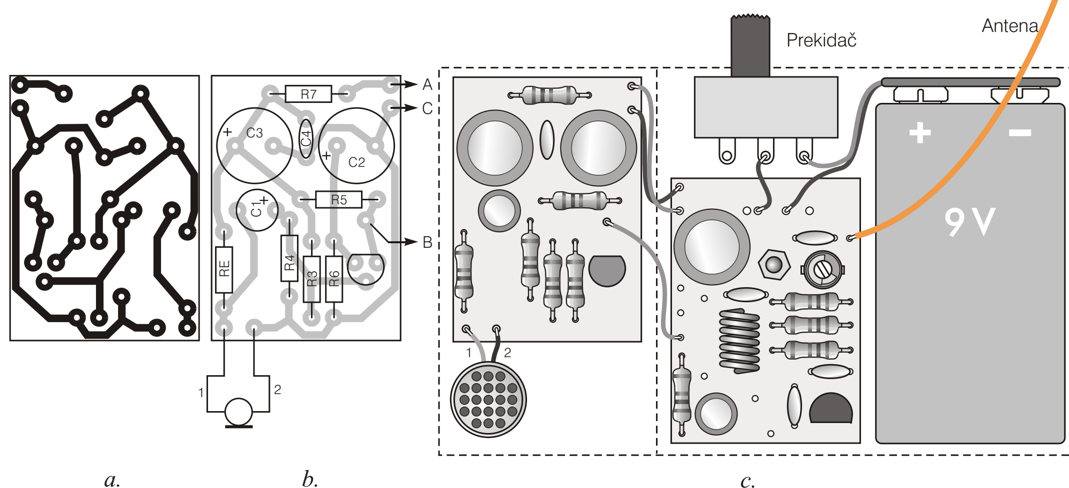
Pri praktičnoj realizaciji moguće je, ako ste ga već napravili, iskoristiti štampano kolo sa slike 3.18 koje treba vrlo malo prepraviti. Medjutim, ako ovo kolo nije već napravljeno, bolje je koristiti crtež sa slike 3.20.

Za oscilator se koristi štampano kolo sa slike 3.16-a.

Izgled kompletnog predajnika je prikazan na slici 3.21-c.



Slika 3.20. FM predajnik sa mikrofonom, NF pojačavačem i oscilatorom

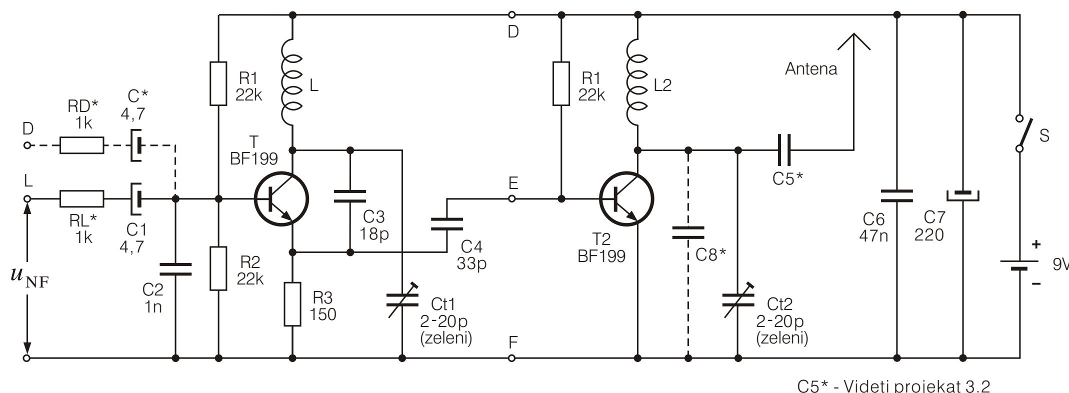


Slika 3.21. Praktična realizacija FM predajnika sa slike 3.20: a i b - štampana pločica NF pojačavača, c - kompletan uređaj

3.6. FM predajnik sa oscilatorom i pojačavačem snage

Snaga, a time i domet, do sada opisanih predajnika može da se poveća povećavanjem napona baterije i/ili povećavanjem struje kroz tranzistor. Ali to nije pravo rešenje. Znatno povećanje snage može da se ostvari samo dodavanjem pojačavača snage. Ovo rešenje ima još jednu dobru stranu. Pojačavač snage deluje kao stepen koji razdvaja oscilator i antenu, što znatno doprinosi povećanju stabilnosti učestanosti oscilovanja.

Električna šema je prikazana na slici 3.22. T1 je aktivna (pojačavačka) komponenta oscilatora, a T2 pojačavača snage. Koristi se oscilator koji je opisan u tekstu u vezi sa slikom 3.3., a praktična realizacija prikazana na slici 3.10. Signal iz oscilatora se, preko sprežnog kondenzatora C4, vodi na ulaz pojačavača snage, tj. na bazu T2. Pojačavač radi u spoju zajedničkog emitera, a pojačani signal se dobija na paralelnom oscilatornom kolu koje



Slika 3.22. FM predajnik sa oscilatorom i pojačavačem snage

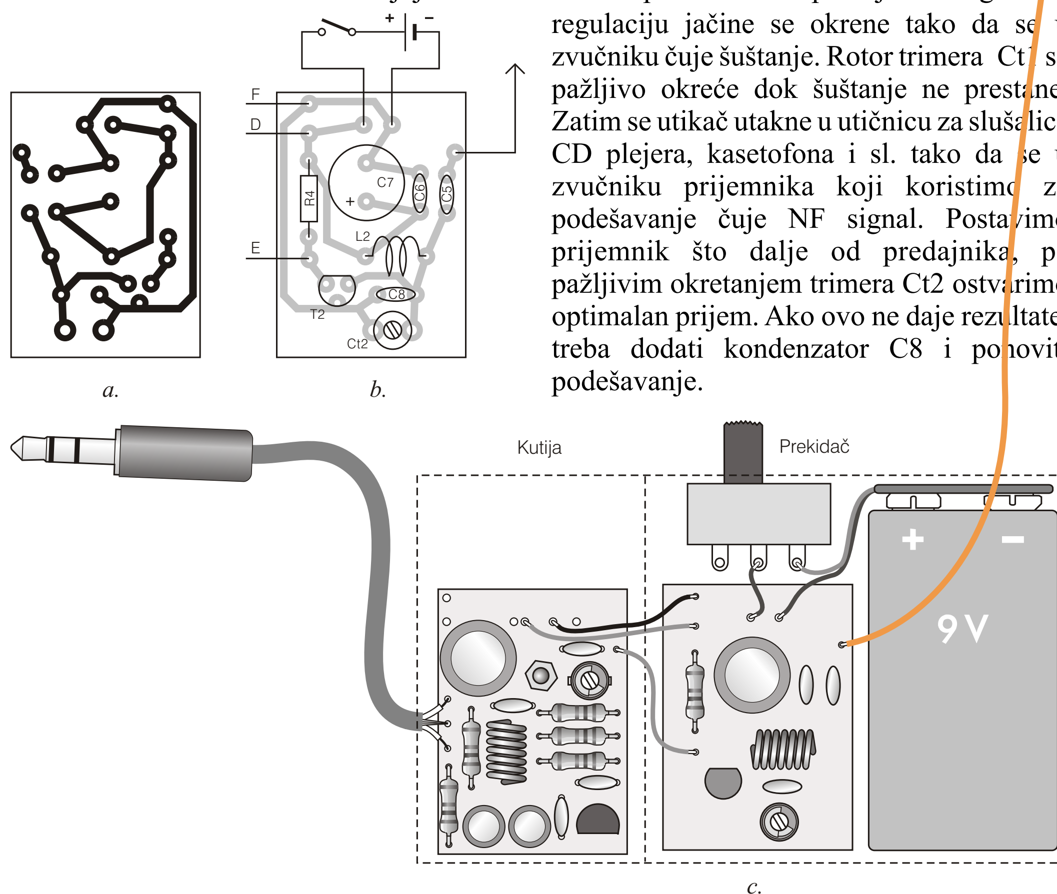
obrazuju L2, C8 i Ct2. (Ove tri komponente su vezane u paralelu jer baterija i kondenzatori C6 i C7 predstavljaju kratak spoj za naizmeničnu struju.) Pojačani FM signal se vodi u antenu preko kondenzatora C5.

Kondenzator C8 se dodaje po potrebi. Njegova kapacitivnost se nalazi u granicama od nekoliko do desetak pikofarada, a potrebna vrednost se nalazi eksperimentom.

Pri praktičnoj realizaciji predajnika, za oscilator može da se koristi štampana pločica sa slike 3.10, a za pojačavač snage sa slike 3.23-a-,b. Pri montiranju trimera treba voditi računa da sa masom budu spojeni njihovi rotori.

Kompletan predajnik je prikazan na slici 3.23-c.

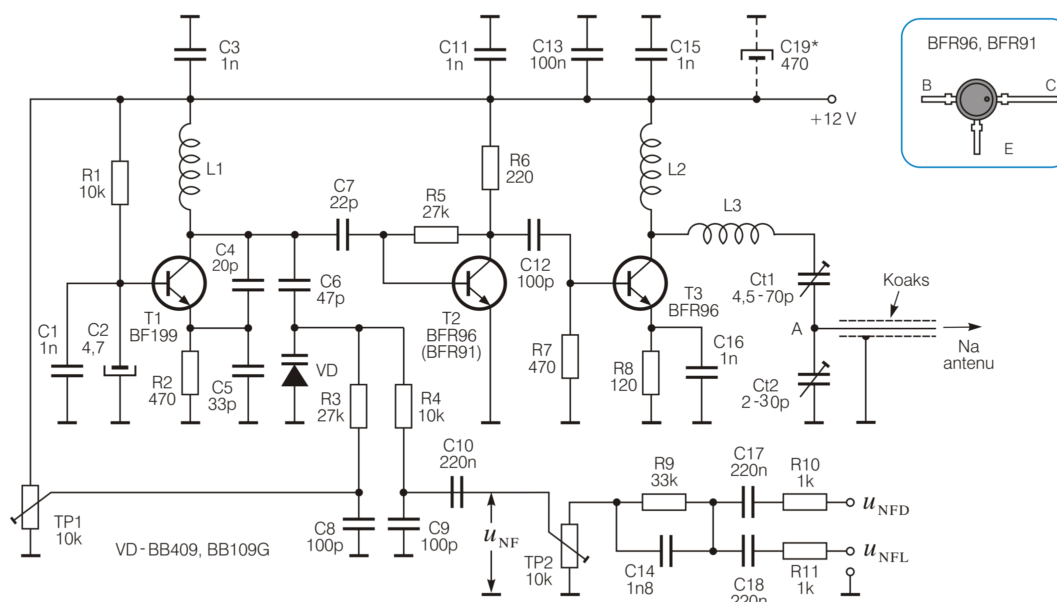
Podešavanje se obavlja na već opisan način. Radio-prijemnik se podesi na neku učestanost oko 90 MHz na kojoj ne radi nikakav profesionalni predajnik. Dugme za regulaciju jačine se okrene tako da se u zvučniku čuje šuštanje. Rotor trimera Ct1 se pažljivo okreće dok šuštanje ne prestane. Zatim se utikač utakne u utičnicu za slušalice CD plejera, kasetofona i sl. tako da se u zvučniku prijemnika koji koristimo za podešavanje čuje NF signal. Postavimo prijemnik što dalje od predajnika, pa pažljivim okretanjem trimera Ct2 ostvarimo optimalan prijem. Ako ovo ne daje rezultate, treba dodati kondenzator C8 i ponoviti podešavanje.



Slika 3.23. Praktična realizacija FM predajnika sa slike 3.22: a,b - štampana pločica pojačavača snage, c - kompletan uređaj

3.7. FM predajnik sa oscilatorom, baferom i pojačavačem snage

FM predajnik na slici 3.24 predstavlja poboljšanu varijantu predajnika iz prethodnog projekta. Dodat je još jedan pojačavački stepen. To je neselektivni pojačavač napona sa tranzistorom T2. On obezbeđuje dovoljno veliki VF napon za pobuđivanje izlaznog pojačavača snage sa tranzistorom T3, tako da ovaj ostvari potrebnu izlaznu snagu od oko 400 mW.

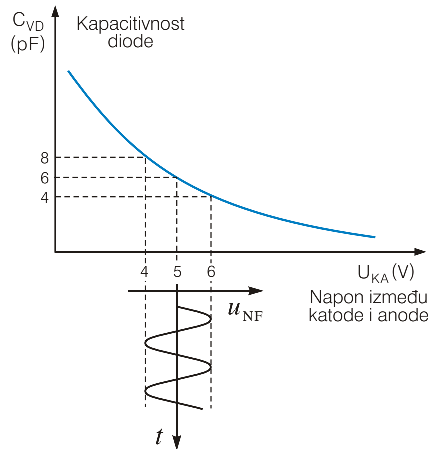


Slika 3.24. FM predajnik sa oscilatorom, pojačavačem napona i pojačavačem snage

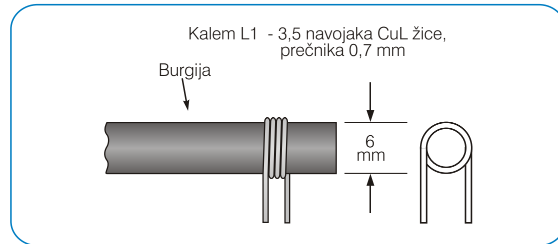
Kolektorsko opterećenje tranzistora T3 je oscilatorno kolo koje obrazuju L2, L3, Ct1 i Ct2. Trimeri se koriste iz dva razloga. Prvi je da se pomoću njih podesi da rezonantna učestanost pojačavača snage bude jednaka učestanosti oscilatora. Drugi, isto tako veoma važan, je da se ostvari prilagođenje po snazi između pojačavača snage i antene, tako da pojačavač predaje anteni maksimalnu energiju.

Pošto su savremeni izvori NF signala kojima se vrši modulacija predajnika stereofonski uređaji, na NF ulazu predajnika su otpornici R10 i R11, koji sa potenciometrom TP2 obrazuju miksetu. Ako signale iz NF izvora obeležimo sa u_{NFL} i u_{NFD}, tada se na potenciometru TP2 dobija signal $u_{NF}= u_{NFL}+u_{NFD}$, kojim se vrši modulacija. Potrebna veličina ovog signala, a to je veličina pri kojoj se ostvaruje optimalna promena učestanosti, odnosno optimalan prenos, podešava se pomeranjem klizača potenciometra.

Frekvencijska modulacija u ovom predajniku se obavlja pomoću varikap



Slika 3.25. Princip rada varikap diode



Slika 3.26. Izrada kalema koji ima 3,5 zavojaka

(kapacitivne) diode VD. Ova dioda se polariše nepropusno, jednosmerni napon na katodi je veći od napona na anodi. Pri promeni ovog jednosmernog napona , menja se kapacitivnost P-N spoja diode, što omogućuje da se ona koristi kao promenljivi kondenzator. Karakteristika ove diode, tj. zavisnost njene kapacitivnosti od napona između katode i anode, prikazana je na slici 3.25. Između katode i anode je doveden jednosmerni napon od 5V pa je kapacitivnost diode jednaka 6 pF. Kada se na diodu dovede i NF napon, ukupni napon između katode i anode se menja u skladu sa trenutnom vrednošću NF signala. Usled toga, u skladu sa NF signalom, menja se i kapacitivnost diode i, pošto je dioda deo oscilatornog kola oscilatora, ostvaruje se frekvencijska modulacija.

U primeru na slici 3.25, amplituda NF napona je 1V, pa se kapacitivnost diode menja u granicama od 4 pF do 8 pF. U stvarnosti, amplituda NF napona je znatno manja pa su i promene kapacitivnosti znatno manje.

* Svi kondenzatori čija je kapacitivnost manja od 100 nF trebalo bi da su keramički.

* Sva tri kalema se motaju žicom prečnika 0,7 mm, preko ravnog kraja burgije (kao na slici 3.9-c) prečnika 6 mm. Broj zavojaka je: L1 - 3,5; L2 - 9,5 i L3 - 4,5. Na slici 3.26 se vidi šta znači polovina zavojka.

* VF signal iz predajnika se vodi u antenu preko koaksijalnog kabla čija je karakteristična impedansa 60 . Ako umesto ove antene koristite komad žice, kao u prethodnim projektima, njen kraj se priključuje u tačku A.

* Podešavanje učestanosti oscilatora se vrši na ranije opisani način. Jedina razlika je u tome što se sada, umesto trimer kondenzatorom, podešavanje obavlja trimer potenciometrom TP1. (Pomeranjem klizača ovog trimera menja se jednosmerni napon na katodi, a time se menja kapacitivnost diode.) Rezonantna učestanost pojačavača snage treba da je jednaka učestanosti oscilatora. Ovo podešavanje se obavlja pomoću trimera Ct1 i Ct2. Ali, kao što je već napomenuto, ovim trimerima se podešava i maksimalan prenos VF energije iz predajnika u antenu. Najjednostavnije je da se na izlaz predajnika, kao opterećenje, umesto antene, između tačke A i mase, priključi mala električna sijalica sa zagrevnim vlaknom od 6V/0,1A. Zatim se, vrlo pažljivo i strpljivo, menjaju kapacitivnosti Ct1 i Ct2, dok se ne ostvari da sijalica svetli najjačim mogućim sjajem. Ako nemate ovakvu sijalicu, priključite umesto nje otpornik od 60 i uređaj sa slike 3.4, pa, menjajući Ct1 i Ct2, ostvarite da univerzalni instrument pokaže maksimalan jednosmerni napon.

* Praktična realizacija predajnika prikazana je na slici 3.27. Bele linije u obliku pravougaonika prikazuju deo bakarne površine koji je odstranjen nagrizanjem u kiselini, tako da su na bakarnoj pločici formirana mala bakarna ostrva u obliku pravougaonika (slika 3.27-a). Na njih se, prema slici 3.27b, leme krajevi komponenata. Ostatak (veći deo) bakarne površine se koristi kao masa na koju se leme krajevi komponenata koji, prema šemi veza, idu na masu. Prednost ovakvog načina praktične realizacije je u tome što se ostvaruje velika površina mase (što je dobro za VF uređaje), i u tome što nije potrebno bušiti rupe.

* Neposredno pred lemljenje, dobro očistite pločicu. Ne žurite sa čišćenjem, vreme koje provedete trljajući pločicu je mnogo kraće od vremena koje biste kasnije izgubili pri lemljenju na nedovoljno čistoj ploči, kao i od mnogo dužeg vremena koje biste proveli tražeći "hladne spojeve", zbog kojih uređaj slabo ili nikako ne radi. Dakle, uzmite komad

Slika 3.27. Praktična realizacija predajnika sa slike 3.24: a - štampana ploča, b - raspored komponenata

neke mekane pamučne tkanine, ukvasite je i uvite u oblik loptice. Umočite tu lopticu u neko praškasto sredstvo koje domaćice koriste za čišćenje kuhinjskih uređaja i dobro istrljajte sve bakarne površine tako da bakar "sine ko u gori sunce". Posle toga, kalajišite delove bakra na onim mestima na kojima će biti zalemljene nožice komponenata. (Na tom mestu, naslonite vrh lemilice na bakar, sačekajte da se bakar dovoljno zagreje, pa naslonite i gurajte na dole vrh tinol žice za lemljenje. Sačekajte da se kalaj lepo, u tankom sloju, u obliku malog ostravceta, razlije po bakru, pa odmaknite tinol žicu i vrh lemilice.

Na slici 3.28 je prikazan postupak lemljenja komponenata. Prvo se nožice komponente skrate na potrebnu dužinu i saviju, tako da kasnije lepo "legnu" na bakarnu površinu.

Slika 3.28. a - kalajisanje vrha nožice, b - lemljenje komponente na štampanu ploču

Zatim se savijeni delovi kalajišu. Taj deo i vrh lemilice se zajedno naslone na vrh tinol žice i, kako se klaj topi, pomeraju na dole (slika 3.28-a). Kalajisanje je uspešno obavljeno kada savijeni deo bude sa svih strana ravnomerno presvučen tankim slojem kalaja. Komponenta se uhvati pincetom i postavi u svoj položaj na bakarnoj ploči. Vrhom lemilice se pritisne savijeni kraj komponente i on se, kako-tako, zalemi za bakar. Sada lemite onu drugu nožicu. Jednom rukom uzmete komad tinol žice, a drugom lemilicu. Vrh lemilice se, prema slici 3.28-b, nasloni tako da istovremeno dodiruje i nožicu i bakar. Posle jedne do dve sekunde, kad se i bakar i nožica zagreju, na njih se nasloni i lagano gura na dole vrh tinol žice. Kalaj se topi, vezuje za kalaj na ploči i savijenom delu nožice, i obuhvata sa svih strana savijeni deo nožice. Sklone se tinol žica i lemilica. Zatim se, na isti način zalemi i druga nožica, koja je ranije bila samo "kako-tako" zalemljena.

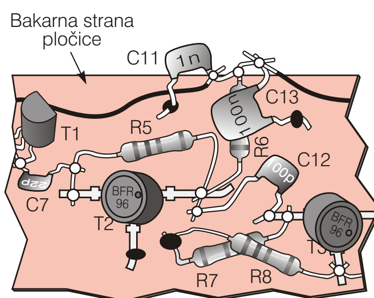
* Kratkospojnik na slici 3.27-b je komad izolovane žice čiji je jedan kraj zalemljen za ostrvo koje je spojeno sa pozitivnim krajem ispravljača, a drugi za ostrvo u koje se lemi desna nožica TP1.

* TP1 i TP2 su trimer potenciometri sa plastičnom produženom osovinom koja omogućava lakše rukovanje pri promeni otpornosti. Umesto takvih, moguće je koristiti bilo kakve trimere za vertikalnu montažu, ili minijaturne potenciometre.

* Štampano kolo u obliku malih ostrva sa slike 3.27 se pravi nagrizanjem bakra u kiselini. Rad sa kiselinama koje se koriste za nagrizanje nije opasan, ali zahteva opreznost i pažljivo rukovanje. Međutim, štampano kolo sa slike 3.27 može da se realizuje i bez kiselina. Potrebna vam je jedna pločica kaširanog (presvučenog slojem bakra) pertinaksa dimenzija 10cm x 3,5cm. To je glavna ploča. Od drugog komada kaširanog pertinakasa isečete 19 malih pravougaonika čije dimenzije odgovaraju ostrvima na slici 3.27. Ove komade zalepite na glavnu ploču, sa bakrom na gore. Lemljenje se obavlja na opisani način, prema rasporedu komponenata na slici 3.27b.

3.7.1. Dead Bug - crknuta buba

Zvuči kao prilično šašava stvar, ali je istinita. Među ljubiteljima elektronike postoje i takvi koji se takmiče u tome ko će da napravi najružniji elektronski uređaj, koji, ipak, normalno funkcioniše. Ta oblast elektronike ima i svoje ime: Ugly Electronics. Mnogi od pobornika ovog stila rada, pri praktičnoj realizaciji štampane pločice, koriste tehniku koja se popularno zove tehnika "crknute bube", jer se komponente tako montiraju da mnoge od njih, naročito integrisana kola u plastičnom DIL pakovanju, liče na crknute insekte sa raširenim nogama i pipcima. Ta tehnika ima i svoje dobre strane: a. - nije potrebno da se bakarna strana pločice nagriza, što je značajno za one koji izbegavaju da u svojoj kući drže kiseline, b. - cela bakarna površina se koristi kao masa, što je korisno za uređaje koji rade na visokim učestanostima, naročito za FM predajnike.



Slika 3.29. Dead Bug tehnika

Prvo se, imajući u vidu da veze između komponenata budu što kraće, pažljivo isplanira raspored komponenata. Zatim se za masu zaleme one nožice koje prema električnoj šemi treba spojiti sa masom. Ostale nožice ovih komponenata služe kao lemne tačke za ostale komponente. Za pojedina spajanja, kada su nožice koje treba spojiti jako udaljene, koriste se komadi žica. Od velike pomoći mogu da budu i mali komadi kaširanog pertinaksa koji se, kao što je opisano u poslednjem paragrafu prethodnog projekta, lepe na glavnu ploču i koriste kao lemne tačke u slučajevima kada u istu tačku treba zalemiti više od tri provodnika.

Kao primer, na slici 3.29 je prikazan detalj kola sa slike 3.27 realizovan u tehnici crknute bube. Lemne tačke sa masom su prikazane crnim tačkama, a lemne tačke "u vazduhu" belim.

Kako vam se čini? Ružno? Možda, ali latinska izreka kaže:

DE GUSTIBUS NON EST DISPUTANDUM.
(O ukusima se ne raspravlja.)



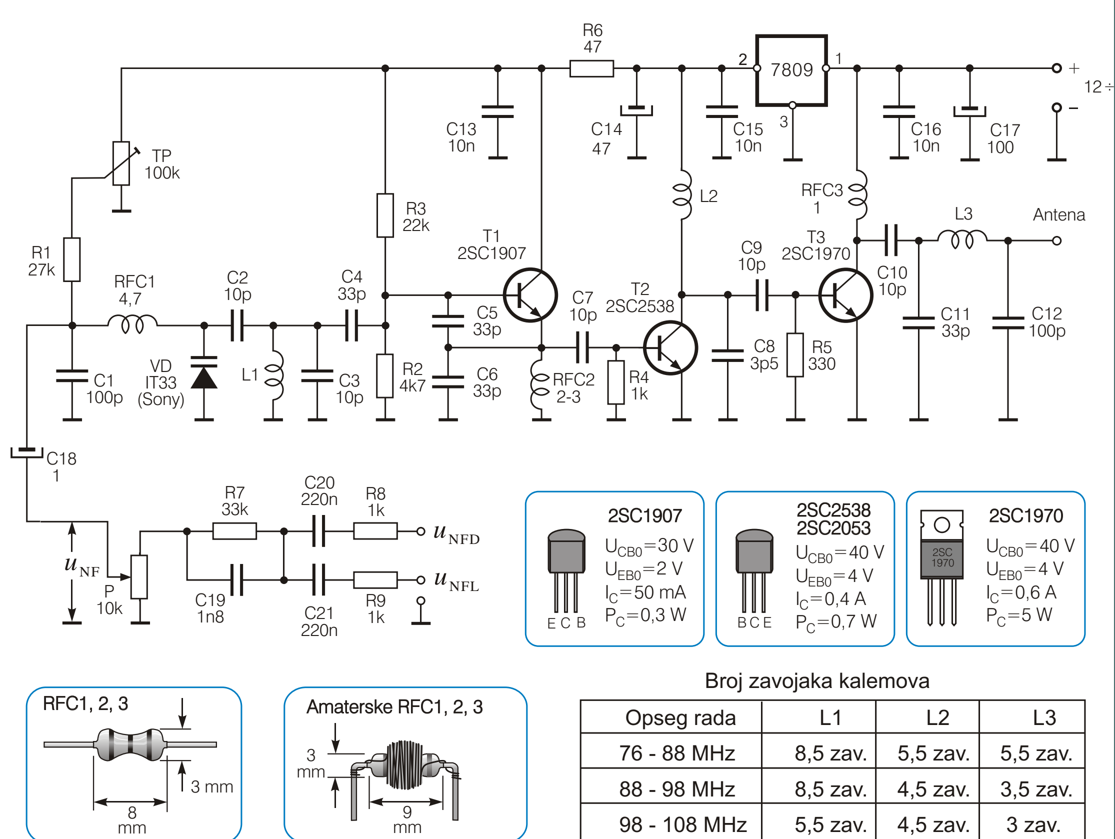
3.8. Japanski FM predajnik

FM predajnik opisan u ovom projektu je je još jedan primer praktične realizacije na pločici od kaširanog pertinaksa bez nagrizanja bakra. To je tzv. Ground-Plane tehnika koja omogućuje da se cela bakarna površina pločice koristi kao masa.

Električna šema predajnika je data na slici 3.30. On se sastoji od klasičnog Kolpicovog oscilatora sa tranzistorom T1 u spoju zajedničkog kolektora, selektivnog pojačavača napona sa tranzistorom T2 i izlaznog pojačavača snage sa snažnim tranzistorom T3. Sva tri tranzistora su japanske proizvodnje, ali mogu da se nabave u prodavnicama komponenata. Ako to nije slučaj, treba probati sa evropskim komponentama, uz eventualne male korekcije vrednosti kondenzatora koji određuju rezonantne učestanosti oscilatora i pojačavača. Umesto T1 može da se koristi BF199, umesto T2 - BFR 91 i umesto T3 - BFR96. Moguće je koristiti i druge VF tranzistore koji imaju granične vrednosti struja, napona i snaga koje su na slici navedene za japanske tranzistore.

Podešavanje učestanosti oscilatora se vrši pomoću trimer potenciometra TP. Pomeranjem njegovog klizača menja se jednosmerni napon na katodi varikap diode VD, čime se, prema slici 3.25, menja njena kapacitivnost. Iskorišćena je Sonijeva dioda IT33, ali umesto nje može da se upotrebi neka druga varikap dioda koja se lakše nabavlja, recimo BB409 i sl.

Sa RFC1, 2 i 3 su obeleženi fabrički proizvedeni kalemovi, koji se kupuju kao i sve ostale komponente. Njihove induktivnosti se nalaze u granicama od 0,22 H do 1 H, a odre-



Opseg rada	L1	L2	L3
76 - 88 MHz	8,5 zav.	5,5 zav.	5,5 zav.
88 - 98 MHz	8,5 zav.	4,5 zav.	3,5 zav.
98 - 108 MHz	5,5 zav.	4,5 zav.	3 zav.

Slika 3.30. FM predajnik sa oscilatorom, selektivnim pojačavačem napona i pojačavačem snage

đene su serijom E6. (To, kao i kod otpornika iz serije E6, znači da se proizvode kalemovi čije su prve dve cifre broja koji označava induktivnost 10, 15, 22, 33, 47 i 68, a induktivnost (u mikrohenrijima) se dobija množenjem sa 0,1; 1, 10 i 100. Sve tri vrednosti (prve dve cifre i umnožač) su prikazane pomoću prstenova u boji na lakiranom telu kalema. Izgled i dimenzije ovih kalemova su prikazani kao detalj na slici 3.30.Takvog oblika su kalemovi koje nudi robna kuća elektronike Conrad. Inače, oni se proizvode u i u obliku otpornika snage oko 0,5 W, od kojih se, spolja gledano, uopšte i ne razlikuju.

Ovi kalemovi, koji se, inače, koriste kao VF prigušnice, u amaterskoj praksi se izrađuju tako što se kao telo (nosač) koristi otpornik otpornosti nekoliko stotina kiloomа. Preko otpornika se namota potreban broj zavojaka tanke žice izolovane lakom a početak i kraj se zaleme za nožice otpornika (vidi sl. 3.30). Kad se koristi otpornik čije telo ima prečnik oko 3 mm (kao na slici), induktivnost od oko 10 H se ostvaruje sa oko 100 zavojaka bakarne žice prečnika oko 0,15 mm.

Snaga ovog predajnika je prilično velika, pa je isto toliko velika i mogućnost sukoba sa zakonom koji strogo, uz pretnju zatvorom, zabranjuje neovlašćeno emitovanje. Da vam se to ne bi desilo, kao antenu treba da koristite komad žice, kao u prethodnim projektima.

Ako ste član nekog radio-amaterskog kluba, a autor vam najsrdačnije preporučuje da to budete, i ovaj predajnik, u skladu sa propisima, koristite za održavanje veza, pa kao antenu koristite neku od profesionalnih antena (jagi, log-per itd.), tada se povezivanje predajnika i antene ostvaruje preko koaksijalnog voda, kao na slici 3.27.

Praktična realizacija je prikazana na slici 3.31. Osnovna ploča od kaširanog (presvučenog slojem bakra) pertinaksa (za visoke učestanosti bolje je ako se koristi kaširani vitroplast) ima dimenzije 12cmx4cm. Na nju se, prema slici, zalepi 23 pločica dimenzija 5mmx5mm. Ove pločice se iseku od istog pertinaksa od koga je i glavna ploča, a zalepe se, naravno, sa bakrom na gore. O čišćenju bakarnih površina, kalajisanju nožica i lemljenju bilo je reči u tekstu u vezi sa slikom 3.28. Na osnovu svog višedecenijskog iskustva, autor, još jednom, ističe da je najčešća greška koju prave početnici upravo loše lemljenje. Vreme koje "izgubite" pažljivo čisteći i kalajišući sve delove koje treba spojiti lemljenjem je mnogo kraće od vremena koje kasnije izgubite tražeći grešku u uređaju. Zato, da ne biste, posle mnogo truda, gledali na svom stolu "crknutog konja" (uređaj koji ne daje nikakve znake života), pažljivo pročitajte i upamtite pomenuti tekst u vezi sa slikom 3.28.

Potenciometar P služi za regulaciju jačine NF signala kojim se vrši modulacija oscilatora. Njegov klizač se pomera dok se ne ostvari prijem istog kvaliteta kao prijem ostalih profesionalnih stanica. Ako se kao izvor NF signala koristi samo jedan uređaj, umesto potenciometra može da se koristi trimer.

a.

b.

Potenciometar za podešavanje devijacije učestanosti

Mikrofonski kabl

Stereo utikač za slušalice → CD plejer

Emisiona antena

Slika 3.31. FM predajnik realizovan u Ground-Plane tehnici

Ovako izgleda ploča sa slike 3.31. Zapazite kako je lepo očišćena, sva sija. Zalemljeni su samo dva otpornika i jedan kondenzator.

3.9. LRS - Lična Radio Stanica

Projekat pod imenom "LRS - Lična Radio-Stanica" već postoji. To je projekat 2.5 u kome ja opisan jedan kvalitetan AM predajnik. U nastavku teksta biće opisan jedan vrlo jednostavan ali vrlo kvalitetan FM predajnik, uz napomenu da je prenos koji se njime ostvaruje u principu znatno kvalitetniji od prenosa na AM područjima. Naime, na UKT, od 88 MHz do 108 MHz, prenos je Hi-Fi kvaliteta jer se prenose NF signali čije su učestanosti u granicama od 30 Hz do 15 kHz, dok je na AM područjima najviša učestanost NF signala samo 4,5 kHz.

Eektrična šema predajnika je data na slici 3.32. Upotrebljeni su tranzistori sa američkim oznakama, ali njih mogu da zamene mnogi evropski tranzistori. Što se tiče FET-a, moguće je koristiti bilo koji FET predviđen za rad na visokim učestanostima. Umesto 2N4401 može da se koristi bilo koji NPN tranzistor male snage.

Menjanjem otpornosti otpornika R2 menja se jednosmerni napon na varikap diodi. Njegovu optimalnu otpornost treba pronaći eksperimentom. Jednostavno, treba je menjati dok se u prijemniku podešenom na ovaj predajnik ne ostvari maksimalno jak i dovoljno kvalitetan prijem.

* Za praktičnu realizaciju se preporučuje Ground-Plane tehnika. Potreban je komad kaširanog pertinaksa dimenzija oko 6cmx3cm. Celokupna površina bakra služi kao masa na koju se leme krajevi komponenata koji su, prema šemi, spojeni sa masom. To su po jedan kraj otpornika R1, potenciometra P, otpornika R3 i R5, anoda varikap diode itd. Ostale lemne tačke su "u vazduhu", a potrebne veze se ostvaruju ili drugim komponentama ili komadima žica. Pri tome, treba se truditi da sve veze, naročito one kroz koje teku VF struje budu što je moguće kraće.

* Modulišući signal se uzima sa priključka za slušalice CD plejera, vokmena i sl. Otpornici RD i RL (otpornosti nekoliko stotina oma) se koriste kada se kao izvor modulišućeg signala koristi neki stereofonski uređaj. U tom slučaju otpornik R1 treba izostaviti, a po jedan otpornik od 33 spojiti između levih krajeva RD i RL i mase.

* Umesto američke varikap diode KV2201 može da se koristi neka druga varikap dioda, recimo BB109 i sl.

Slika 3.32. Lična FM radio-stanica

* Kalem L ima 5 zavojka namotanih na ravnom delu burgije prečnika 6 mm. Umesto njega može da se koristi fabrički izrađena induktivnost (vidi sliku 3.30) induktivnosti 0,1 H. Sa RFC je označena fabrički izrađen kalem (prigušnica) induktivnosti 33 H. Ovaj kalem može da se napravi motanjem tanke žice na otporniku snage 0,5 W, o čemu je već bilo reči.

* Pojačanje NF pojačavača može da se znatno poveća dodavanjem kondenzatora C2, ali su tada i izobličenja veća. Osetljivost se znatno povećava i izostavljanjem R1, što treba učiniti samo u slučaju ako to nema uticaja na pravilan rad izvora NF signala. (Ako se modulišući signal dovodi sa izlaza za slušalice vokmena i sl., R1 zamenjuje otpornost slušalica, pa ako vokmen i sl. normalno radi i bez R1, ovaj može da se izostavi.)

* Tačke pored Ct1 i Ct2 označavaju njihove statore. Oni treba da budu spojeni sa kolektorom FET-a. Rotor Ct2 može da bude spojen sa masom.

* "Vrući" kraj (onaj koji nije na masi) kondenzatora C5 treba da je što kraći i zalemljen direktno na gornji kraj kalema L.

* Jednosmerna struja predajnika je relativno mala pa za napajanje može da se koristi i baterija od 9 V. Ako se, kao na slici, koristi stabilisani ispravljač, mrežni transformator Tr. je minijaturnog tipa, a stabilizacija se vrši kolom 78L12 koje ima manje dimenzije od standardnog 7812. Njegova maksimalna struja je 100 mA, što je za ovaj uređaj dovoljno. Mrežni ispravljač i NF pojačavač treba metalnim pregradama odvojiti od oscilatora, da bi se sprečile neželjene sprege između njih.

3.10. FM predajnik velikog dometa

Veliki domet se ostvaruje samo kada antena emituje dovoljno snažan elektromagnetni talas, odnosno samo ako antena preuzme od predajnika dovoljno električne energije i emituje je u okolni prostor. Izlazna snaga ovog predajnika je negde oko 250 mW, što nije malo za FM predajnike, i uz dobru spoljnu antenu može da se ostvari veliki domet. Ali, zakon to ne dozvoljava. Medjutim, snažan predajnik omogućava da se sa vrlo kratkom antenom u obliku komada žice realizuje kvalitetna veza na malim rastojanjima i tako ostvari bežični mikrofon, bežična veza između električne gitare i pojačavača, slušanje muzike sa kompjutera preko prenosnog radio-prijemnika u drugoj sobi ili dvorištu i sl.

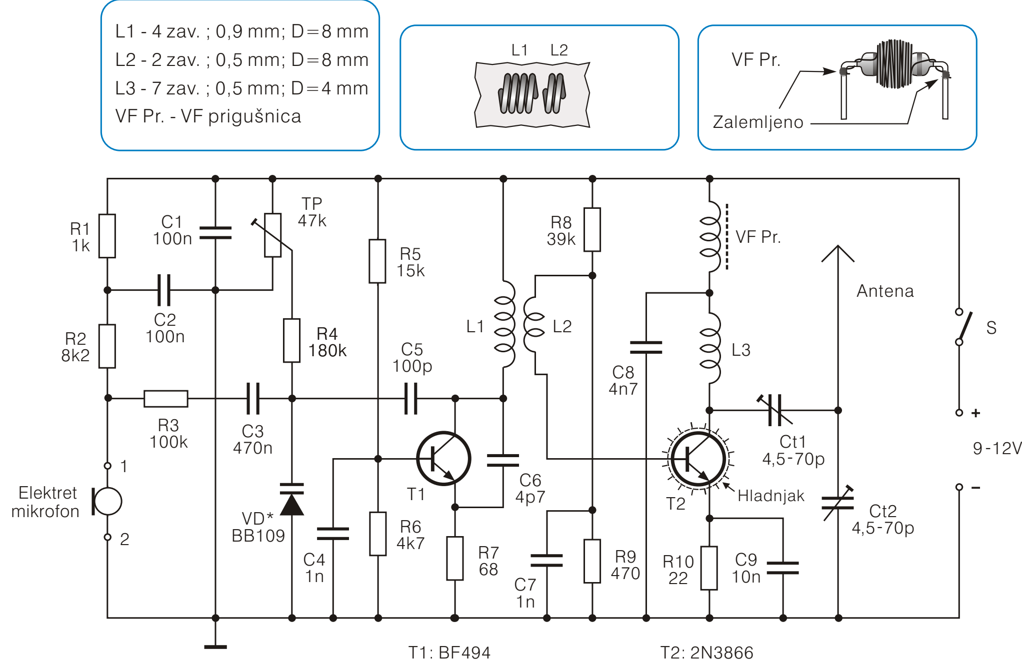
Električna šema je prikazana na slici 3.33. Modulacija se obavlja NF signalom iz mikrofona. Ako se modulacija vrši NF signalom iz CD-a, kasetofona i sl, tada treba izostaviti R1, R2 i C2, a NF signal dovesti preko RL, RD, P i dva otpornika od 33 , kao na slici 3.32.

Predajnik se sastoji od oscilatora sa VF tranzistorom male snage T1 i pojačavača snage sa VF tranzistorom srednje snage T2. Znatno veća osetljivost na NF nivou može da se postigne ako se između mikrofona i oscilatora ubaci i NF pojačavač, kao na slici 3.20.

Frekvencijska modulacija se ostvaruje pomoću varikap diode BB109 (ili neke slične), kao što je to već objašnjeno u tekstu u vezi sa slikom 3.25. Pomoću ove diode se vrši i podešavanje učestanosti oscilatora. To se ostvaruje pomeranjem klizača trimer potenciometra TP.

Razdelnikom napona koji obrazuju R8 i R9 ostvareno je da tranzistor T2 radi u klasi A. Veći koeficijent korisnog dejstva pojačavača snage, što je od velikog značaja ako se predajnik napaja iz baterije a ne iz ispravljača, postiže se ako T2 radi u klasi C. To se ostvaruje tako što se izostave R8, R9 i C7, a gornji kraj L2 se spoji sa masom.

* Kalemovi L1 i L2 se motaju, zavojak do zavojka, prvi žicom prečnika 0,9 mm, a drugi žicom prečnika 0,5 mm, na ravnom delu burgije (olovke, flomastera itd.) prečnika 8 mm. L1 ima 4 a L2 3 zavojka. Ova dva kalema obrazuju VF transformator preko koga se VF napon iz oscilatora vodi na ulaz pojačavača snage. Da bi magnetna sprega između kalemova bila dovoljno jaka, oni se montiraju jedan pored drugog, tako da im se ose poklapaju, kao što je prikazano u desnom delu slike 3.33. L3 ima 7 zavojaka žice prečnika 0,5 mm namotanih na

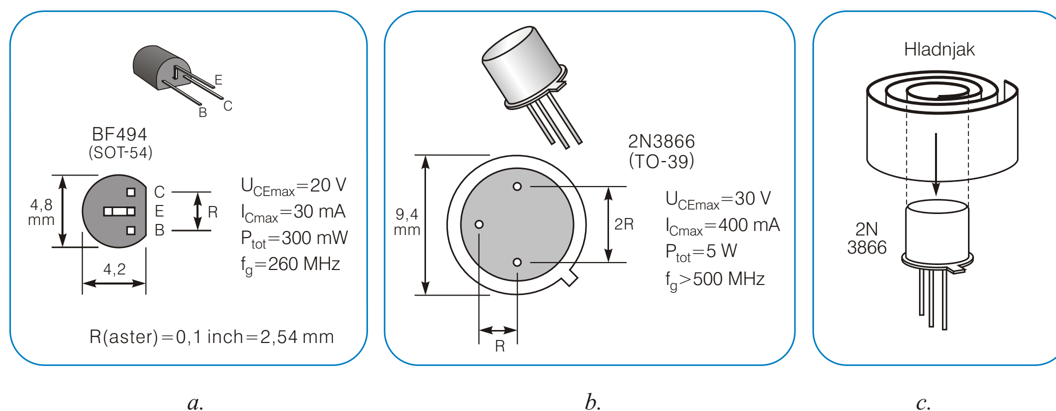


Slika 3.33. FM predajnik velikog dometa

telu prečnika 4 mm. Sa VF Pr. je obeležena visokofrekventna prigušnica. Ona ima samo nekoliko zavojaka tanje žice (prečnika 0,2 do 0,3 mm), ako se mota na kalemskom telu koje u sebi ima feritno jezgro. U nedostatku takvog kalemskog tela, prigušnica od stotinak zavojaka tanke žice se mota na otporniku bilo koje otpornosti veće od 1 k , snage oko 0,5 W.

* Pomoću Ct1 i Ct2 se, na način opisan u tekstu u vezi sa slikom 3.24, sa sijalicom priključenom umesto antene, podešava optimalan prenos energije iz pojačavača u antenu.

* Na slici 3.34 su prikazani upotrebljeni tranzistori sa osnovnim podacima koji omogućuju pronalaženje odgovarajućih zamena.



a. *b.* *c.*

Slika 3.34. a i b - izgled, podnožja (uveličana dva puta) i osnovni podaci o T1 i T2, c - amaterski izrađen hladnjak za T2

Crteži donjih strana tranzistora sa rasporedom nožica su, radi preglednosti, uveličani 100%. T2 zahteva hladnjak u obliku prstena sa krilcima, koji se navuče na telo tranzistora.

Ovakav hladnjak se proizvodi fabrički ali ga nema u prodavnicama. U amaterskim uslovima, može da se napravi od komada tankog savitljivog lima dimenzija 12 cmx1cm koji se namota oko ravnog dela burgije prečnika 8 mm. Kada se skine sa burgije ovaj komad, gledan odozgo, je u obliku spirale. On se, prema slici 3.34-c, natakne na tranzistor. Poboljšanje prenosa toplote sa kućišta tranzistora na hladnjak se obezbeđuje tako što se, pre stavljanja hladnjaka, kućište premaže tankim slojem specijalne silikonske paste koja dobro provodi toplotu.

3.11. FM predajnik sa oscilatorom velike snage

Pravo rešenje za FM predajnik veće snage i dometa je uređaj koji se pravi prema blok šemi: NF pojačavač - oscilator sa mogućnošću modulacije - pojačavač napona - pojačavač(i) snage - odgovarajuća emisiona antena. Sa amaterske tačke gledišta, loše strane ovakvog rešenja su veliki broj komponenata, komplikovana štampana ploča i prilično komplikovan postupak podešavanja optimalnog rada svih stepena, za koji su potrebni instrumenti i, što je najznačajnije, veliko iskustvo. Jednostavnije je, misle pomenuti trudbenici, napraviti oscilator velike snage. Za one koji dele ovo mišljenje, ne upuštajući se u diskusiju koliko je ono (ne)tačno, dajemo jednu takvu šemu, koja je prikazana na slici 3.35.

To je oscilator sa dva snažna tranzistora u simetričnom spoju, vrlo sličan oscilatoru

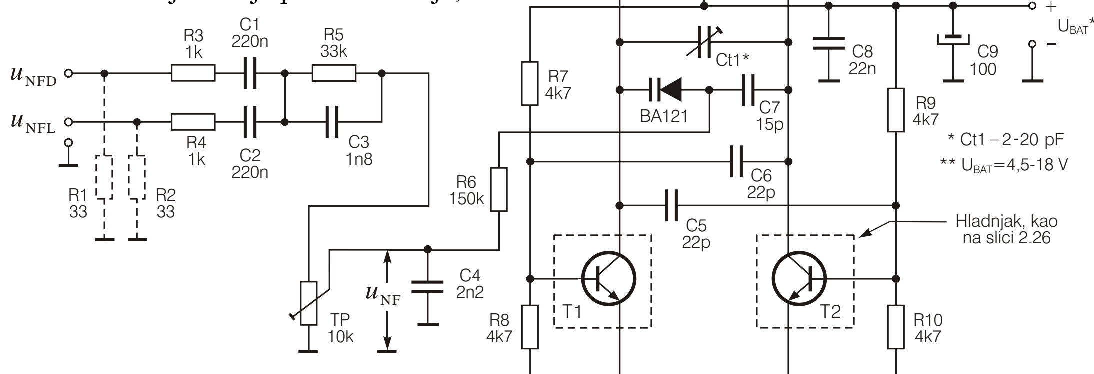
sa slike 2.17. Za vreme jedne poluperiode VF signala provodi jedan tranzistor, a za vreme sledeće poluperiode provodi drugi. Time se ostvaruje četiri puta veća snaga oscilatora nego kada bi se koristio samo jedan tranzistor.

* Modulacija se obavlja NF signalom u_{NF}, koji se dobija sabiranjem NF signala u_{NFD} i u_{NFL}, sa priključka za slušalice CD-plejera, kasetofona i sl. Otpornici R1 i R2 se dodaju po potrebi, odnosno u slučaju kad su potrebni za normalan rad CD-plejera itd. Ako se modulacija obavlja NF signalom iz mikrofona, tada treba izostaviti sve komponente levo od R6 i umesto njih priključiti NF pojačavač sa slike 3.20. U tom slučaju, tačka A se spaja sa pozitivnim krajem U_{BAT}, tačka B sa levim krajem otpornika R6 a tačka C sa masom predajnika. Ako se za napajanje predajnika koristi jednosmerni napon veći od 9 V, korisno je i da se otpornost otpornika R7 sa slike 3.20 poveća, tako da jednosmerni napon na njegovom levom kraju bude oko 8 V. U svakom slučaju treba proveriti da li je jednosmerni napon na kolektoru BC547 približno jednak polovini napona na levom kraju R7 i, ako je potrebno, doterati ga promenom R3, kao što je to već opisano u tekstu u vezi sa slikom 3.6.

Ako želite da predajnik bude vrlo osetljiv na NF nivou (da se normalno prenose i izuzetno slabi zvuci koji stižu na mikrofon), može da se doda još jedan NF pojačavački stepen.

* Frekvencijska modulacija se obavlja pomoću varikap diode BA121. Umesto nje može da se koristi i neka druga dioda.

* Šema je proverena sa tranzistorima BSX61 (proizvod firme Valvo), 2N3553 (RCA) i 2N3646 (National Semiconductors). U zagradama su imena proizvođača tranzistora. Zašto je to važno, zar nije dovoljno da na kućištu piše oznaka tranzistora koji nam je potreban? Nije, na

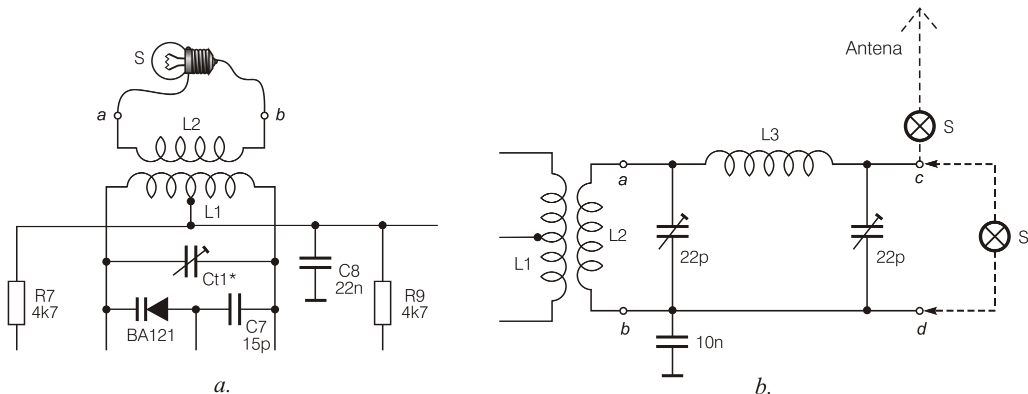


Slika 3.35. FM predajnik sa snažnim oscilatorom

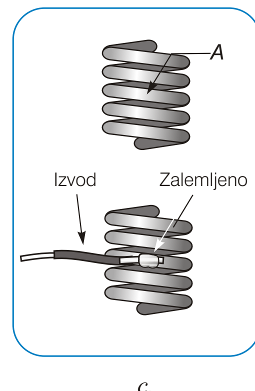
žalost. Iz svog ličnog iskustva autor ovih redova zna da neki elektronski uređaji ne rade dobro, neki čak nikako, ako se umesto tranzistora (ili integrisanog kola) za koje se zna da potiče od poznatog renomiranog proizvođača upotrebi tranzistor (ili kolo) sa "buvljaka". Spolja gledano, ti tranzistori su potpuno isti kao i originali ali šta je unutra, to samo Bog zna. Verovatno se radi o kopijama napravljenim u nekim dalekoistočnim (ili bližim) "kovačnicama", koje u mnogim praktičnim primenama u jednostavnijim uređajima uspešno zamenjuju originale, ali otkazuju u složenijim uređajima ili u uređajima koji rade na višim učestanostima, pri većim naponima i strujama i sl. Naravno da postoje mnogi drugi VF tranzistori koji mogu da se koriste u ovom predajniku. Može da se proba sa 2N3866, 2SC1971 i sl., kao i sa drugim tranzistorima čija je ukupna snaga nekoliko vati, i čije su granične učestanosti veće od 100 MHz.

* U ovom predajniku se koristi teleskopska antena, skinuta sa nekog rashodovanog radio-prijemnika. Pri podešavanju optimalnog rada predajnika, prema slici 3.35, između donjeg kraja antene i desnog kraja trimera Ct2 se priključuje sijalica za napon od 6 V, čija je snaga 0,6 W. Njena otpornost (u zagrejanom stanju) je 60 . Umesto nje može da se koristi i neka drugačija sijalica, iste otpornosti, recimo 12V/2,5W koja se upotrebljava u automobilima i sl. Optimalan prenos energije iz oscilatora u antenu je ostvaren kada sijalica svetli najvećim mogućim sjajem. Kada se to ostvari, sijalica se ukloni i donji kraj antene priključi na desni kraj Ct2. Maksimalna energija koju zrači antena se podešava pažljivim promenama kapacitivnosti trimera, dužine antene i rastojanja između navojaka kalemova, kao i njihovog međusobnog položaja. Predajnik mora da bude smešten u metalnu kutiju, ili kutiju od neprovodnog materijala obloženu staniolom, o čemu je bilo reči u tekstu u vezi sa slikom 3.12. Poslednje podešavanje Ct1, Ct2 i TP se vrši pomoću odvrtke koja se proturi kroz rupe izbušene na kutiji na odgovarajućim mestima.

Provera da li oscilator radi, kao i prilično tačna procena njegove snage, može da se obavi takođe pomoću sijalice, na način prikazan na slici 3.36-a. Sijalica se pomoću dva komada žice priključi na krajeve kalema L2, koji su obeleženi slovima a i b. Veći sjaj znači veću snagu.



Slika 3.36. a - kontrola snage oscilatora, b - Kolinsov filter



c.

Mnogo bolje prilagođenje predajnika i antene, kao i potiskivanje viših harmonika VF signala, ostvaruje se pomoću popularnog Kolinsovog filtra. On se, prema slici 3.36-b, sastoji od dva trimer kondenzatora maksimalne kapacitivnosti od po 22 pF i kalema L3. Prema istoj slici, on se priključuje na kalem L2, izmedju tačaka a i b. Pri proveri snage oscilatora, sijalica se priključuje na izlaz filtera, izmedju tačaka c i d. Pri podešavanju optimalnog prenosa energije iz oscilatora u antenu, sijalica se priključuje između donjeg kraja antene i tačke c.

Podešavanje pomoću sijalice je vrlo pouzdano jer je potpuno očevidno. U nedostatku odgovarajuće sijalice može da se koristi otpornik otpornosti 60 snage nekoliko vati. Postojanje napona na otporniku, a time i struje kroz njega, se konstatuje pomoću detektora i univerzalnog instrumenta, na način objašnjen u tekstu u vezi sa slikom 3.4. Kolo sa ove slike se priključuje na krajeve otpornika. Podešavanje predajnika se vrši dok instrument ne pokaže maksimalno mogući napon.

* Domet svakog radio-predajnika zavisi od više faktora. Najvažniji su: izlazna snaga, vrsta predajne antene i osetljivost radio-prijemnika koji se koristi na mestu prijema. Pri tome treba imati u vidu da su ova tri uslova podjednako važna, ako nije ispunjenjen jedan od njih domet se izuzetno mnogo smanjuje. Ali to nije kraj priče o dometu ovog predajnika. Ultrakratki elektromagnetni talasi, to su talasi čija je učestanost veća od 30 MHz, a učestanost ovog predajnika je oko 100 MHz, se prostiru kao svetlost. Za nih, kao i za svetlost, velike zgrade, grupe drveća i slični objekti su nepremostiva prepreka jer se oni od njih odbijaju. Zbog toga je i domet radio veze u urbanim sredinama mnogo manji nego na otvorenom prostoru. (Zbog toga i autori članaka o FM predajnicima, kada navode podatke o dometu predajnika koje opisuju, navode podatke za otvoren prostor (open air), morsku površinu i sl.) Domet ovog predajnika u uslovima kada između predajne i prijemne antene postoji optička vidljivost (recimo između vrhova dva brda, između vrha zgrade i vrha brda i sl.) i kada se koristi prava antena i osetljiv FM prijemnik, može da bude čak i 50 do 100 km. U urbanim uslovima, sa snagom od 1 do 2 W, domet je 2 do 5 km.

* Kalemovi se prave od žice prečnika oko 1 mm. Kalem L1 ima pet zvojaka namotanih preko ravnog dela burgije prečnika 5 mm. Ovaj kalem ima izvod na sredini koji se pravi na sledeći način. Kalem se namota na ranije opisani način i krajevi se skrate na potrebnu dužinu, tako da, gledan odozgo, izgleda kao na slici 3.36-c. Tačka u kojoj treba napraviti izvod je obeležena slovom A. Na tom mestu, u dužini od oko 3 mm, treba oštrim nožem (skalpelom, žiletom) pažljivo odstrugati lak kojim je žica izolovana i taj očišćeni deo kalajisati na način opisan u tekstu u vezi sa slikom 3.28-a. Sa krajeva komada tanje žice treba takođe odstrugati izolaciju i oba kraja kalajisati, a jedan od njih potom zalemiti u tačku A.

Skidanje izolacije treba obaviti pažljivo i temeljno da bi spoj bio dobar i puzdan. U tom smislu, bolje je da se kalem namota, njegovi krajevi skrate na potrebnu veličinu, na njemu obeleži tačka A, a zatim odmota, tako da se struganje izolacije i oko tačke A i sa krajeva kalema, obavi i lakše i bolje. Zatim se kalem ponovo namota i zalemi izvod.

Kalem L2 ima četiri zavojka. Ovaj kalem sa kalemom L1 obrazuje VF transformator. Da bi magnetna sprega između njih bila dovoljno jaka, ovi kalemovi se postavljaju neposredno jedan pored drugog (kao na slici 3.33) ili, što je zantno bolje, kalem L2 se namota preko kalema L1. (Prvo se na burgiji namota L1. Zatim se preko ovoga namota nekoliko slojeva hartije, pa L2. Na kraju, skine se pažljivo L2. Pri izradi štampane pločice vodi se računa da stopice u koje će biti zalemljeni krajevi kalemova budu tako raspoređene da L2 bude oko L1. Naravno, o tome se vodi računa i pri montaži kalemova.

Kalem L3 ima 5 zavojaka žice.

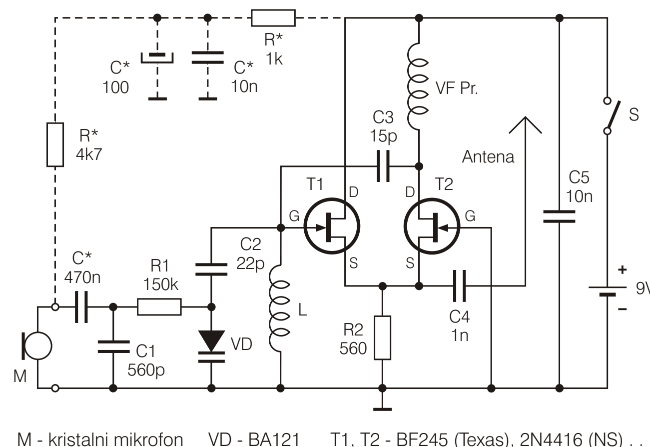
3.12. FM predajnik sa oscilatorom sa FET-ovima

Jedan od glavnih problema kod svih oscilatora je nestabilnost učestanosti, što je posledica činjenice da elektronske komponente menjaju svoje karakteristike pri promeni

temperature, pritiska vazduha, napona napajanja itd. Naročito osetljive su poluprovodničke komponente, tranzistori i integrisana kola. U to se je lako uveriti. Uključite bilo koji od opisanih jednostavnih predajnika i podesite prijemnik na njihov signal. Promenite sasvim malo napon ispravljača iz koga se predajnik napaja i prijem će nestati. Predajnik i dalje normalno radi, ali na nekoj drugoj učestanosti, u šta može da se uveri pomeranjem igle na skali prijemnika. Uzrok ove pojave je jednostavan: promena napona napajanja izazvala je promenu kapacitivnosti između kolektora i baze, a to je dovelo do promene rezonantne učestanosti oscilatornog kola u oscilatoru. Ova činjenica može da se iskoristi za vrlo fina podešavanja učestanosti oscilatora, ali, u principu, ova pojava je štetna jer primorava učesnike u radio-vezi da neprekidno dežuraju kraj uređaja i da ili na mestu predaje s vremna na vreme podešavaju učestanost predajnika na potrebnu vrednost, ili da na mestu prijema skoro neprekidno "jure" signal predajnika na skali prijemnika i podešavaju optimalan prijem. Problem se rešava upotrebom kvarca koji, na žalost, ne može da se koristi u jednostavnim FM predajnicima.

Drugi problem koji se javlja kod jednostavnih FM predajnika je kapacitivnost antene, koja veoma utiče na učestanost oscilatora na koji je priključena. Prema slici 2.38, na kojoj je obeležena sa Ca, ta kapacitivnost je utoliko veća ukoliko je žica koja se koristi kao antena duža. Uticaj antene može da bude toliko veliki da nije moguće podesiti oscilator na neku od učestanosti u UKT opsegu. Rešenje je ili da se koristi vrlo kratka antena (dužine do dvadesetak centimetara) ili da se ona ne prikljlјučuje na oscilator direktno već preko kondenzatora od nekoliko pikofarada. Nedostatak ovih rešenja je u tome što oba dovode do smanjenja zračene energije, a time i do smanjenja dometa radio-veze.

Električna šema jednostavnog FM predajnika kod koga su opisani nedostaci umanjeni prikazana je na slici 3.37. Iskorišćena su dva FET tranzistora tako da je antena dovoljno "udaljena" od oscilatornog kola, pa nema tako veliki uticaj kakav bi imala da je priključena direktno na njega. To je oscilator vrlo stabilne učestanosti kod koga je frekvencijska modulacija ostvarena dovođenjem NF napona na varikap diodu u oscilatornom kolu.



Slika 3.37. FM predajnik sa FET-ovima

Za prenos govora koristi se kristalni mikrofon čija je glavna dobra osobina vrlo veliki napon koji daje na svojim izlaznim priključcima. Taj napon je čak više stotina puta veći od napona koji pri istoj jačini zvuka koji na njih deluje daje dinamički mikrofon.

* Ako se umesto kristalnog koristi elektret mikrofon, koji se lakše nalazi u prodavnicama (i rashodovanim kasetofonima), treba dodati i komponente koje su obeležene zvezdicama. Veća osetljivost na zvuk može da se ostvari dodavanjem NF pojačavača, kao što je urađeno u predajniku na slici 3.20. Isti takav NF pojačavač treba upotrebiti i u slučaju kada se koristi dinamički mikrofon.

* Ako se modulacija obavlja NF signalom iz CD-plejera, kasetofona i sl., tada treba koristiti NF pojačavač sa slike 3.17, sa jednostavnom miksetom koju obrazuju otpornici obeleženi sa RD* i RL*. Još bolje rešenje je ako se kao mikseta koristi kolo sa slike 3.30, koju obrazuju potenciomtar P i sve komponente desno od njega.

* Kalem L ima sedam zavojaka žice prečnika 0,8 mm i pravi se na ranije opisani način. VF Pr. je visokofrekventna prigušnica induktivnosti nekoliko mikrohenrija. Ona se pravi na način opisan u tekstu u vezi sa ikonom na slici 3.30.

* Podešavanje noseće učestanosti predajnika se vrši menjanjem induktivnosti kalema L. To se ostvaruje promenom rastojanja između zavojaka a, ako to ne daje rezultat, treba probati sa novim kalemom koji ima više zavojaka. Može da se proba i sa trimer kondenzatorom koji se veže paralelno kalemu. Rotor ovog trimera treba vezati na masu. Postoji i mogućnost primene trimer potenciometra, kao na slici 3.30.

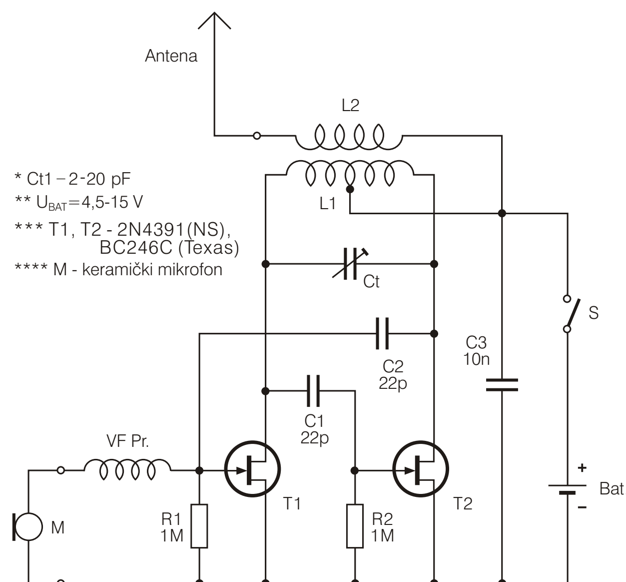
3.13. FM predajnik sa FET-ovima u protivtaktnom spoju

I ovo je jedan minijaturni predajnik sa vrlo malo komponenata koji Nemci, odnosno njegov konstruktor Günter Wahl, kao i ostale minijaturne predajnike, popularno zovu *Mini-*

spione (mini špijun), a Amerikanci - *FM-Bug* (FM buba). Ljubitelji elektronike u našoj zemlji su našli neko srednje rešenje, pa su ovakvim spravama dali ime špijun-buba. Ali, pošto zakon zabranjuje bilo kakvo neovlašćeno prisluškivanje i zavirivanje u tuđi život, konstruktori mini FM predajnika, imajući u vidu izraz "da se Vlas(t)i ne sete", svojim tvorevinama daju nevina imena "Bežični mikrofon", "Bežično priključenje gitare na pojačavač" i slično. Ali kada u tako naslovljenom tekstu pomenu domet od, recimo, 500 m, ne objašnjavaju čitaocima ko to bežičnim putem priključuje gitaru na pojačalo koje se nalazi na pola kilometra od njega. Ali, čitaoci shvataju o čemu se radi.

Električna šema FM bube, pardon, mini FM predajnika za bežično priključenje gitare . . ., data je na slici 3.38. Lako se zapaža da je to u stvari FET varijanta predajnika sa slike 3.35, pa većina stvari koja je opisana u projektu 3.11 važi i za predajnik sa slike 3.38.

* Modulacija se vrši NF signalom koji se dobija na izlazu kristalnog mikrofona. Ovaj napon se, bez ikakvog slabljenja, prenosi preko VF prigušnice na gejt tranzistor T1. Pod njegovim dejstvom se menjaju međuelektrodne kapacitivnosti tranzistora, a, pošto su one deo ukupne kapacitivnosti oscilatornog kola, dolazi do promene učestanosti oscilatora. Tako se, na sličan način kao i u oscilatorima sa bipolarnim tranzistorima, ostvaruje da se učestanost predajnika menja u skladu sa trenutnom vrednošću NF signala. Pošto se mikrofon nalazi



Slika 3.38. FM predajnik sa FET-ovima

u neposrednoj blizini oscilatora, u njegovim priključcima i delovima se indukuje VF napon koji, ako stigne na bazu T1, može da stvara probleme. Da se to ne bi desilo, ubačena je VF prigušnica koja predstavlja veliki otpor (velika reaktansa) za VF struje i sprečava da VF napon iz mikrofona prodre do baze T1. Za NF (audio) signal iz mikrofona prigušnica se ponaša kao vrlo mali otpor, i ona na njega nema praktično nikakakav uticaj. Ovakvo razdvajanje VF i NF dela predajnika pomoću VF prigušnice može da se primeni i u svim ranije opisanim predajnicima. Ako predajnik ima i NF pojačavač, VF Pr. se priključuje između izlaza tog NF pojačavača i sledećeg stepena predajnika. Na primer, u šemi na slici 3.20 VF Pr. se priključuje između kolektora BC547 i tačke B. Znatno bolje potiskivanje VF signala se postiže ako se između desnog kraja VF Pr. i mase doda kondenzator kapacitivnosti nekoliko nanofarada (pod uslovom da to ne smeta radu stepena u koji se vodi NF signal). Korisno je i ako se na izlaz mikrofona doda kondenzator. Njegova kapacitivnost treba da je što manja (a da ipak "vrši posao"), jer on ima uticaja i na NF signal.

* Jedan kraj kalema L2 na slici 3.38 nije vezan na masu, kao na slici 3.35, već na pozitivan kraj baterije. To je potpuno u redu jer kondenzator C3 predstavlja kratak spoj za VF struju pa su pozitivan vod i masa uređaja na istom VF potencijalu.

* Ako se u predajniku koristi elektret mikrofon tada, na isti način kao na slici 3.37, treba dodati i komponente obeležene zvezdicama.

* Veća osetljivost na NF nivou se ostvaruje dodavanjem NF pojačavača, o čemu je bilo reči u projektu 3.12.

3.14. FM predajnik sa integrisanim kolom MC2833

Integrisana kola su prodrla u skoro sve oblasti elektronike i omogućila praktičnu realizaciju mnogo pouzdanijih, manjih, efikasnijih, jeftinijih, jednom rečju boljih elektronskih uređaja. To se desilo i u oblasti FM predajnika. Sa amaterske tačke gledišta, osnovni nedostatak je otežano nabavljanje ovih kola kao i pojedinih komponenata koje idu uz njih. Ali to je sudbina svih novih stvari. Ispočetka, ljudi su sumnjičavi ali kasnije ipak sve dođe na svoje mesto. Kao primer modernog FM predajnika, u tekstu koji sledi biće opisan minijaturni FM predajnik realizovan sa integrisanim kolom MC2833 koje proizvodi poznati proizvođač

komponenata i uređaja MOTOROLA. Kolo se proizvodi u dve varijante, odnosno u dva pakovanja: Plastic DIP (sa oznakom MC2833P, slika 3.39) i SO-16 (SMD, sa oznakom MC2833D).

U motorolinim publikacijama u kojima je opisano ovo kolo, ono se naziva *Low Power FM Transmitter System* (FM predajnik male snage) i kaže da je to FM predajnik u jednom čipu, dizajniran za bežične telefone i FM komunikacione uređaje. U čipu se nalaze mikrofonski NF pojačavač, naponski kontrolisan oscilator i dva posebna tranzistora. Njegove osnovne karakteristike su:

* Širok opseg napona napajanja (2,8 - 9 V)

* Mala struja potrošnje (I_{CC}=2,9 mA, tipično)

* Mali broj spoljnih komponenata

* Izlazna snaga od 1 W na izlazu iz oscilatora

* Izlazna snaga od 1 mW na izlazu pojačavača sa tranzistorima u čipu

* Korisnici moraju da se pridržavaju lokalne regulative o radio-emitovanju (FCC, DOT, P.T.T., itd.)

Blok šema i raspored nožica dati su na slici 3.40. Ova šema omogućuje kupcima da kolo koriste i na neki drugi način, a ne samo na onaj koji preporučuje proizvođač. Na primer, ako je nekome potreban stabilan VF napon on može da koristi samo oscilator (napon se dobija na nožici 14, između nje i mase), ako mu je potreban samo NF pretpojačavač, on će signal koji treba pojačati da dovede na nožicu 5, a pojačan će da dobije na nožici 4 itd.

Slika 3.39. MC2833P

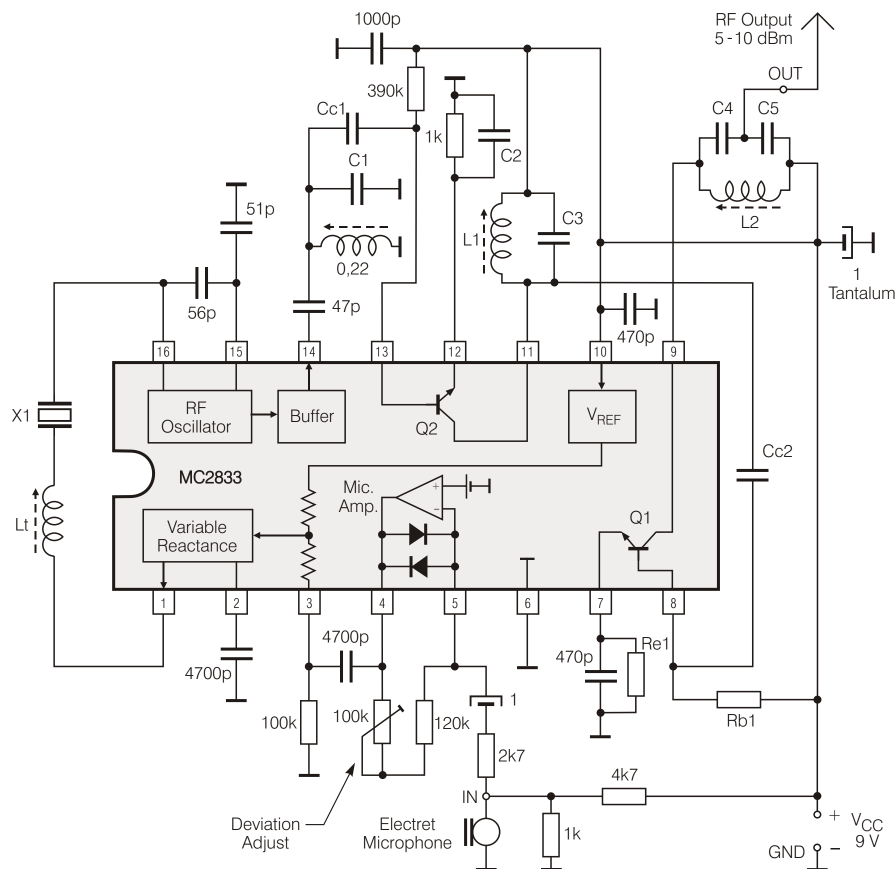
Slika 3.40. Blok šema i raspored nožica kola MC2833

Električna šema FM predajnika sa kolom MC2833 je data na slici 3.41. NF signal koji se dobija na izlazu elektret mikrofona se, preko 2k7 i 1 , vodi na invertujući ulaz mikrofonskog pojačavača (Mic. Amp). Pojačanje ovog pojačavača se podešava pomoću trimer potenciometra 100k. Izlazni napon iz pojačavača se, preko 4700p, vodi na promenljivu reaktansu (Variable Reactance). Ova reaktansa, koja može da se shvati kao varikap dioda čija se kapacitivnost menja pod dejstvom NF napona, je vezana između donjeg kraja kalema Lt i mase (4700p je kratak spoj za VF signal između nožice 2 i mase), i pri njenoj promeni menja se rezonantna učestanost oscilatornog kola a time i učestanost VF (RF) oscilatora. Maksimalna promena učestanosti se naziva devijacija, pa je trimer od 100k obeležen sa Deviation Adjust (podešavanje devijacije).

U oscilatoru se, umesto običnog oscilatornog kola, koristi kvarc koji se ponaša kao paralelno oscilatorno kolo sa vrlo velikim faktorom dobrote, čime se postiže velika stabilnost učestanosti oscilatora, koja nikako ne može da se ostvari upotrebom klasičnog oscilatornog kola. Fino podešavanje učestanosti na potrebnu vrednost ostvaruje se pomeranjem jezgra u kalemu Lt.

Bafer (Buffer - razdvojni stepen) je pojačavač koji ima vrlo veliku ulaznu otpornost tako da vrlo malo opterećuje oscilator i na taj način ne utiče na njegovu učestanost, ni on ni stepeni koji slede iza njega. Selektivno opterećenje ovog pojačavača je složeno oscilatorno kolo koje obrazuju 47p, 0,22 H, C1 i Cc1. Napon sa njegovog izlaza se vodi na nožicu 13 odnosno na bazu Q2. Jednosmerni napon na bazi ovog tranzistora je određen pomoću 390k. Selektivno kolektorsko opterećenje pojačavača sa Q2 je paralelno oscilatorno kolo L1C3. Sa njega, preko Cc2, VF signal se vodi na treći pojačavač sa Q1. Jednosmerni napon na bazi Q1 je određen otpornikom Rb1. Kolektorsko opterećenje ovog tranzistora je paralelno oscilatorno kolo L2, C4,C5. Sa ovog kola, signal se vodi u emisionu antenu.

Kao što se vidi, između oscilatora i antene su tri VF pojačavača. Ali to nisu obični pojačavači. Promenom kvarcne jedinke X1 i istovremenom promenom vrednosti nekih od komponenata, ovaj predajnik može da radi na nekoj od učestanosti u opsegu od 49,7 MHz do



Slika 3.41. FM predajnik sa kolom MC2833

144,6 MHz. (49,7 MHz je među amaterima poznat kao Magic Band (magični opseg), a 144,6 MHz je od vajkada amaterska učestanost.) Prema tabeli "Primedbe" ovi pojačavači rade kao dubleri (udvostručavači) ili tripleri (utrostručavači) učestanosti. Jednostavno rečeno, kad na ulaz dublera dovedemo napon učestanosti *f*, na njegovom izlazu se dobije napon učestanosti 2*f*. Na isti način, kad se na ulaz triplera dovede napon učestanosti *f*, na izlazu se dobija napon učestanosti 3*f*. Na primer, kada predajnik radi na 144,6 MHz, Buffer je tripler a pojačavači sa Q2 i Q1 su dubleri. Pošto je u ovom slučaju učestanost kvarca f_o=12,05 MHz, učestanost predajnika je:

$$f=3x2x2xf_o=12x12{,}05\text{ MHz}=144{,}6\text{ MHz.}$$

Podaci o vrednostima komponenata u tabeli su dati za tri veličine učestanosti oscilatora: 49,7 MHz, 76 MHz i 144,6 MHz. Ove tri učestanosti su amaterske učestanosti na kojima može da se radi u skladu sa propisima o kojima može da se obavesti u svim radio-amaterskim klubovima. Vrednosti komponenata na nekoj međuučestanosti, recimo na 100 MHz, mogu da se izračunaju skaliranjem.

Primedbe:

1. Vrednosti komponenata u zavisnosti od učestanosti date su u tabeli:

f(MHz)	X1(MHz)	Lt(H)	L1(H)	L2(H)	Re1	Rb1	Cc1	Cc2	C1	C2	C3	C4	C5
49,7	16,5667	4	0,22	0,22	330	390k	33p	33p	33p	470p	33p	47p	220p
76	12,6	5,1	0,22	0,22	150	300k	68p	10p	68p	470p	12p	20p	120p
144,6	12,05	5,6	0,15	0,15	150	220k	47p	10p	68p	1n	18p	12p	33p

2. Kvarcni kristal X1 radi na osnovnoj učestanosti, ne na nekom od viših harmonika, a kaibrisan je za paralelnu rezonantnu učestanost sa opterećenjem od 32 pF. Izlazna učestanost se stvara u umnožačima učestanosti čije su aktivne komponente tranzistor u baferu (Buffer) i tranzistori Q2 i Q1. Tranzistor u baferu, čiji je izlaz na nožici 14 i tranzistor Q2 su aktivne komponente utrostručivača (triplera) i udvajača (dublera) učestanosti, respektivno, kada predajnik radi na 76 MHz ili na 144,6 MHz. Kada je učestanost predajnika 49,7 MHz ili 76 MHz, tranzistor Q1 je aktivna komponenta izlaznog linearnog pojačavača, a kada je učestanost 144,6 MHz, on je aktivna komponenta udvajača učestanosti.

3. Svi kalemovi su u četvrtastim metalnim kućištima čije su dimenzije (gledano odozgo) 7mmx7mm, iz CoilCraft serija M1175A, M1282A-M1289A, M1312A ili ekvivalenti.

4. Izlazna snaga je oko 10 mW na 49,7 MHz i 76 MHz, a oko 3,2 mW na 144 MHz.

5. Vrednosti komponenata za druge učestanosti, veće od 49,7 MHz a manje od 144 MHz, mogu da se izračunaju skaliranjem vrednosti iz tri data primera.

* Kalemovi koji se koriste u ovom predajniku su fabrički izrađeni kalemovi smešteni u četvrtaste metalne kutije, sa jezgrima u obliku zavrtnja, čijim se pomeranjem vrši precizno podešavanje učestanosti oscilatora (Lt) i rezonantnih učestanosti pojačavača (L1, L2 i L3). Motorola preporučuje kalemove firme CoilCraft, koje su njeni konstruktori koristili

pri izradi prototipa uređaja i oni verovatno mogu da se nađu preko INTERNET-a. Može li i ovde da dođe do izražaja "kućna radinost" ? Autor ovih redova veruje da može, ali u to mogu da se upuste samo ljudi sa mnogo praktičnog iskustva sa FM predajnicima, kojima je na raspolaganju odgovarajući osciloskop ili analizator spektra. Ali, setite se, "Boj ne bije dobar osciloskop, već boj bije znanje i upornost".

* Pri naponu napajanja V_{CC}=9V, izlazna snaga predajnika je 10 mW. Samo deset milivata , uzdahnuće mnogi početnici. Toliko je, ali to je dovoljno za ono za šta je ovaj uređaj namenjen. Oni koji žele veću snagu treba da izlazni signal, umesto u antenu, odvedu u neki od ranije opisanih pojačavača snage i dobiće snažan i vrlo kvalitetan FM predajnik. Ako se za pojačavač snage koristi napajanje veće od 9 V, tada napajanje dela predajnika iz ovog projekta (to je naš uređaj sa slike 3.41), treba ostvariti preko nekog stabilizatora napona, recimo preko kola 7809.

Praktična realizacija

O ovoj temi je bilo reči u većini do sada opisanih uređaja. Evo šta u vezi sa konstrukcijom VF uređaja Motorolini stručnjaci preporučuju svojim mušterijama:

a. Šta treba izbegavati (nikada ne koristiti):

- Ostvarivanje veza tehnikom Wire wrap. To je tehnika povezivanja koja se koristi u velikim elektronskim uređajima. U stopice na štampanoj ploči koje treba povezati zaleme se po jedan pin (komad deblje žice kvadratnog preseka, dužine oko 1 cm) i oko njih više puta omotaju krajevi žice koja ih povezuje.

- Konvencionalne (obične) razvojne ploče sa rupicama u koje se ubadaju nožice komponenata.

- Digitalne prototipne štampane pločice sa po jednom linijom rupica za pozitivan i negativan kraj napajanja.

b. Šta koristiti:

- Dvostranu štampanu ploču kod koje je se jedna strana koristi isključivo kao masa, sa brižljivo raspoređenim komponentama.

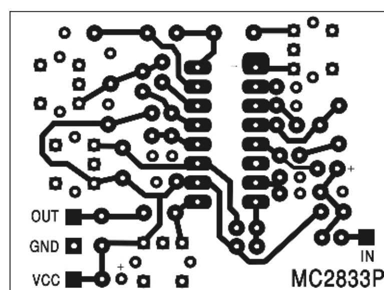
- Rešetkastu ploču (ploču sa paralelnim linijama od bakra), sa bakarnom površinom na suprotnoj strarni koja se koristi kao masa.

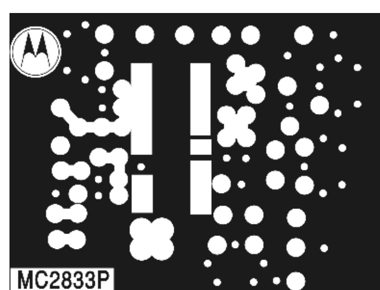
- Jednostranu štampanu ploču kod koje je bakarna površina koja se koristi kao masa razvučena preko cele ploče i što je moguće je veća (kao na slici 3.10)

- Komponente koje su predviđene za rad na visokim učestanostima (kondenzatori sa vrlo malom induktivnošću i sl.).

- Odgovarajuće dekuplovanje (razdvajanje) pojedinih stepena, pomoću RC filtera, prigušnica, provodnih pregrada i sl.

Izgled dvostrane štampane ploče koju preporučuje Motorola dat je na slici 3.42. Levo je pogled na stranu sa štampanim kolom. Desno je strana komponenata (strana na kojoj se nalaze komponente). Da bi se stekla slika o kompletnoj ploči, levu sliku treba, u mislima, okrenuti sa leva u desno i podvući ispod desne slike, tako da obe oznake MC2833 budu tačno jedna naspram druge.





– Stopice kroz koje se provlače nožice kućišta kalemova. Njih ima pet a koriste se samo dve. Ostale se spajaju sa masom.

a. *b.*

Slika 3.42. Dvostrana štampana ploča FM predajnika sa slike 3.41: a - strana štampanog kola, b - strana komponenata

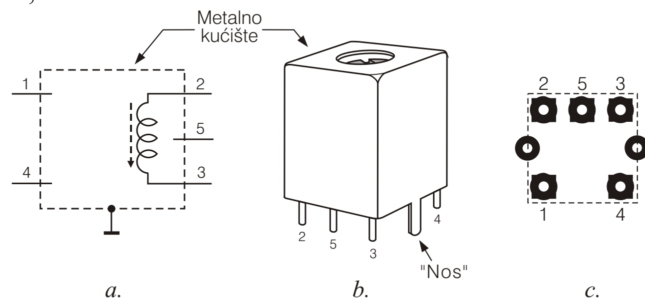
Crnom bojom na strani komponenata je predstavljena bakarna površina koja se koristi kao masa. Veliki beli krugovi su površine sa kojih je odstranjen bakar. Oni se nalaze tačno nasuprot okruglim stopicama na drugoj strani, a kroz njihove centre će biti izbušene rupice kroz koje prolaze nožice komponenata. Beli pravougaonici su delovi sa kojih je takođe odstranjen bakar, a u njima će biti rupice kroz koje prolaze nožice integrisanog kola. Mali beli krugovi su rupice kroz koje se provlače krajevi komponenata čija je jedna nožica povezana sa masom. Na primer, mali beli krug između dva donja pravougaonika je rupica kroz koju prolazi nožica broj 6 integrisanog kola.

Mesta gde se buše rupice na belim pravougaonicima i krugovima na slici 3.42-b nisu obeležena. To nije potrebno jer su ona već obeležena na slici 3.42.a (to su rupice u stopicama). Sve rupice se buše sa strane lemljenja.

Sve rupice su metalizirane. (Rupica je u obliku malog valjka čiji je omotač presvučen tankim slojem metala. Ovaj sloj ostvaruje električni spoj između mase i stopice koja se

nalazi na suprotnoj strani. Na taj način je ostvareno da se nožica koja je povezana sa masom lemi za stopicu na slici 3.42-a, a metalizacija ostvaruje spoj sa bakrom (masom) na slici 3.-. To znači da se sva lemljenja obavljaju samo na strani lemljenja, na strani slici 3.42a. (Na strani komponenata na slici 3.42b ništa se ne lemi.) Ovo, pri serijskoj proizvodnji, omogućuje lemljenje u kalajnim kupatilima.

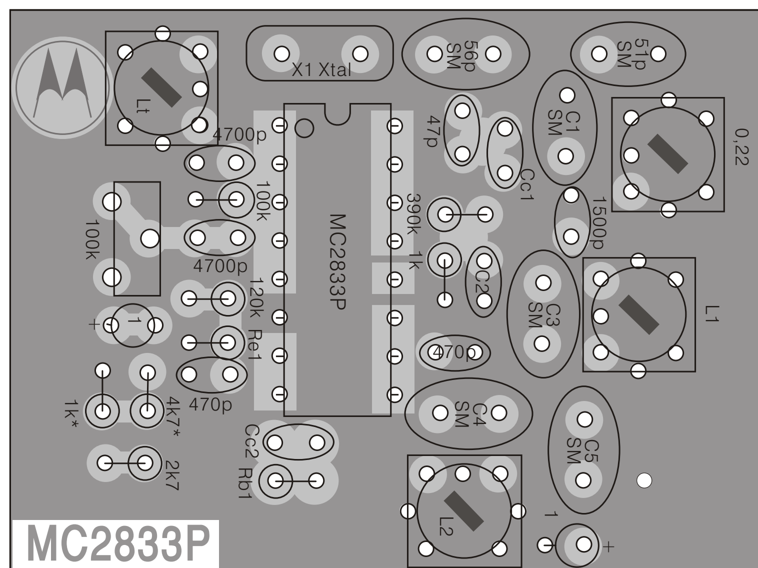
Rupice su prečnika 0,7 mm. Izuzetak su rupice kroz koje se provlače nosevi kutija kalemova (sl. 3.43) i rupice kroz koje se provlače nožice trimer kondenzatora. Njihovi prečnici su obično 1,1 mm.



Slika 3.43. Kalemovi u metalnom kućištu: a - simbol, b - spoljni zgled, c - raspored stopica na štampanoj pločici

(U amaterskim uslovima nije moguće izvesti metalizaciju rupica, pa se spojevi između strana ostvaruju ili tako što se nožice komponenata leme sa obe strane ili se spojevi ostvaruju komadićima žica zalemljenim na obe strane.)

Na slici 3.44 je prikazan raspored komponenata na pločici. Ova slika je uvećana dva puta. Tamnije je označena masa odnosno crna površina sa slike 3.42-b, a svetlije beli krugovi i pravougaonici. Rupice su prikazane belom bojom. Otpornici su montirani uspravno.



Slika 3.44. Raspored komponenata na ploči sa slike 3.42

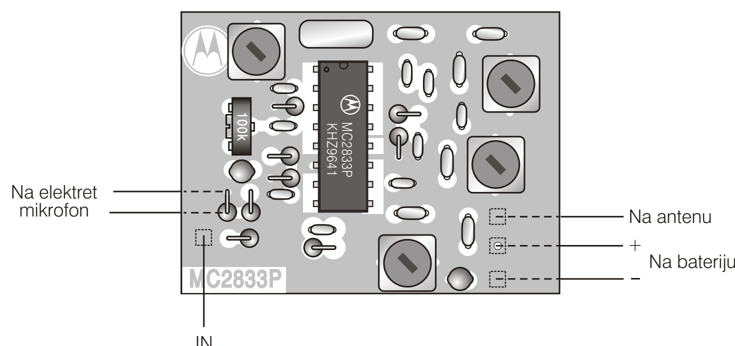
Na kraju, evo nekoliko primedbi koje Motorola daje u vezi sa slikom 3.44:

- Rupe moraju da budu metalizirane radi ostvarivanja svih spojeva sa masom (V_{EE}) !

- Otpornici obeleženi sa * se koriste za polarizaciju elektret mikrofona, ako se ovaj koristi.

- Kondenzatori označeni sa "SM" su silver mica (silver - srebro, mica - liskun. Ovi kondenzatori se prave tako što se na tanku pločicu od liskuna sa jedne i druge strane nanese tanak sloj srebra.).

* Stvarni izgled pločice sa komponentama, u stvarnoj veličini, dat je na slici 3.45



Slika 3.45. Kompletan predajnik sa slike 3.41 u razmeri 1:1

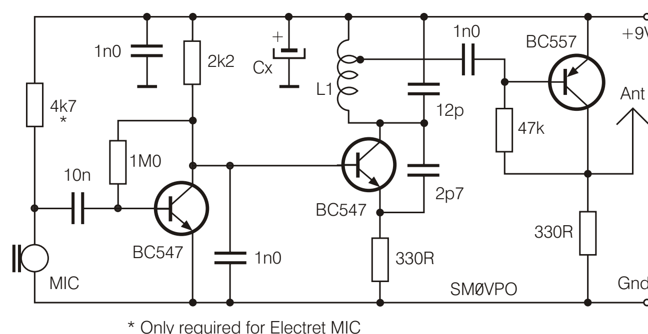
3.15. Kako to rade majstori . . .

Ovaj projekat je skinut sa INTERNET-a. To je opis praktične realizacije FM predajnika od poznatog radio amatera iz Švedske koji se zove Hari Lithol, čiji je pozivni znak SM0VPO. (Amater je reč koja je u naš jezik došla iz latinskog, preko francuskog, i označava čoveka koji nešto, u ovom slučaju to je radiotehnika, mnogo voli. Ne treba zaboraviti da su mnogi amateri, baveći se onim što vole, a ne onim za šta su se školovali ili onim od čega su živeli, po nekad zanemarujući i prvo i drugo, postigli veoma značajne rezultate u svim oblastima ljudskog delovanja, pa i u radiotehnici.)

HIGH POWER FM MIC
by Harry Lythall - SM0VPO

Moj FM bežični mikrofon je bio veoma popularan i među početnicima i među iskusnim konstruktorima. Korišćen je u gitarama kao i osnova sistema za daljinsku kontrolu. Ali, ja primam mnoge zahteve za kolo koje bi bilo snažnije i imalo veću mikrofonsku osetljivost. Sada mogu da predstavim novi FM bežični mikrofon (v5), koji ima bolju stabilnost učestanosti, domet od 1 km (pod idealnim uslovima) i dobru osetljivost mikrofona. To je ostvareno dodavanjem VF (RF) pojačavača (koji služi i kao bafer - razdvojni stepen) i jednog audio (NF) predpojačavača, kojim se malo izdiže modulacija.

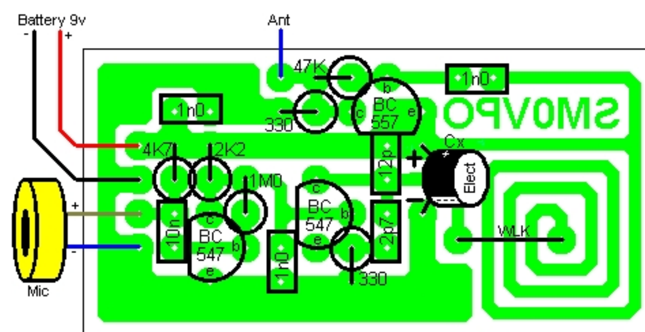
Konstrukcija (slika 3.46-a) je sasvim jednostavna. L1 ima 3,25 zavojaka u obliku spirale i on je integralni deo štampanog kola (PCB). Dva tranzistora BC547 mogu da budu zamenjena sa maltene bilo kojim NPN tranzistorom male snage, kao što je 2N2222. U zadnjem stepenu se koristi BC557, ali i to može da bude bilo koji PNP tranzistor opšte namene. Ako koristite drugačije tranzistore, moraćete da umesto otpornika 1M0 koristite otpornik drugačije otpornosti, tako da na kolektoru prvog tranzistora bude jednosmerni napon od +5 V. To isto važi i za otpornik 47k. Njegovu otpornost treba promeniti tako da na



Slika 3.46-a. FM Microphone

kolektoru trećeg tranzistora bude pozitivan napon od 3V do 4 V.

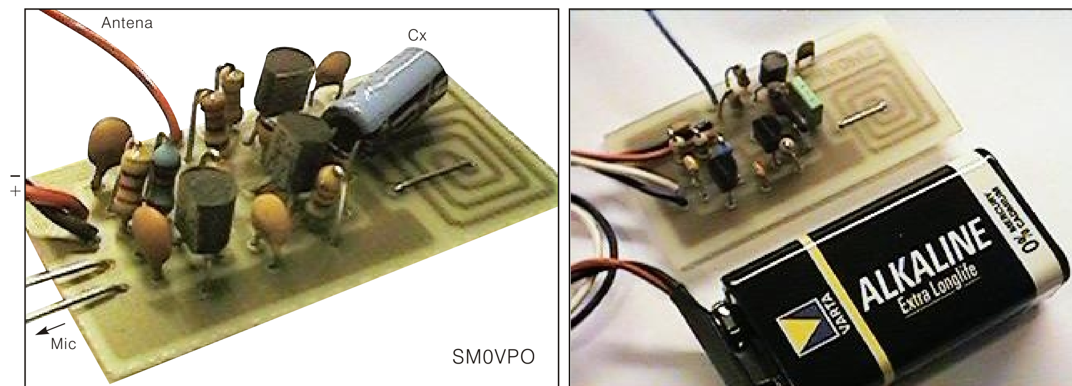
Evo (slika 3.46-b) i rasporeda komponenata V5 (verzije pet). Zapazite jednu modifikaciju: za dekuplovanje (odvajanje za VF struju) napajanja korišćen je kondenzator 1n0, ali posle promene nabavljača komponenata (proizvođač ?) pojavila se izvesna VF nestabilnost, kada bi pojačanje pojačavača snage (trećeg stepena) postalo malo veće od



Slika 3.46-b. FM Microphone

normalnog. Zamenom 1n0 elektrolitskim kondenzatorom kapacitivnosti 22 F problem je u potpunosti rešen. Bilo koji "radijalni" (obe nožice na istom kraju) elektrolitski kondenzator kapacitivnosti veće od 0,47 F je lek za problem. Kompletan uređaj vuče jednosmernu struju od oko 30 m A koja mora da se menja kad dodirnete oscilatorno kolo, što je dobra provera da li jedinica osciluje. Otpornik 4k7 treba ukloniti ako se koristi dinamički mikrofon.

PCB (štampana pločica) je dimenzija 50mm x 25mm, i malo je veća od prve verzije, ali sad su na njoj tri stepena umesto jednog. Prvi prototip, sa baterijom pored njega, je prikazan na slici 3.47-desno. (Levo je sa dodatim Cx.) Izlazna snaga je oko +10dBM što je oko 10 dB više nego kod prvog FM bežičnog mikrofona. Pomnoženo sa 3,12, ovo bi teorijski trebalo da da domet od 1,6 km, ali sam ja izvršio testiranje pomoću prenosnog radio-prijemnika, a TX (predajnik) je bio na klupi u unutrašnjosti kuće. Dobio sam komfornih 700 metara (dobio sam i nekoliko smešnih pogleda od naših komšija).

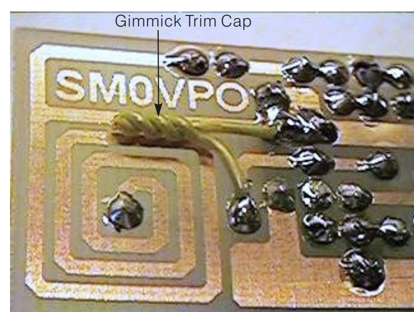


Slika 3.47. Fotografije FM mikrofona sa slike 2.55

Na slici 3.48 možete da vidite kako je, radi smanjivanja učestanosti predajnika, paralelno kondenzatoru od 12 pF dodat tzv. "štos" kondenzator. On je napravljen od dva komada izolovane žice dužine oko 2 cm, koji su međusobno uvrnuti. Ovo će smanjiti učestanost na donji kraj opsega (oko 90 MHz). Kratite (sečicama) kondenzator da biste povećali učestanost na željenu vrednost. Ako je skratite nekoliko kHz suviše visoko, uvrnite žice malo čvršće.

Crtež PCB-a sa rasporedom komponenata biće smešten u download delu moga sajta. Zabavite se i molim vas znajte da veća snaga ovog projekta može da bude ILEGALNA u vašoj zemlji. Ja ne mogu da prihvatim odgovornost, a na vama je da proverite da li je ovaj uređaj legalan u vašoj zemlji i ne prihvatam NIKAKVE žalbe iz bilo koje zemlje/države.

Najlepše želje od Harija Lithola

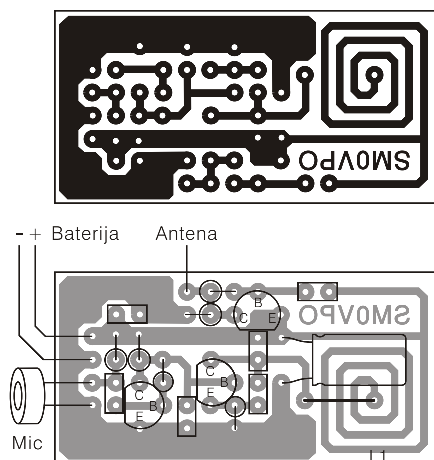


Slika 3.48. Gimmick (štos) trimer kondenzator

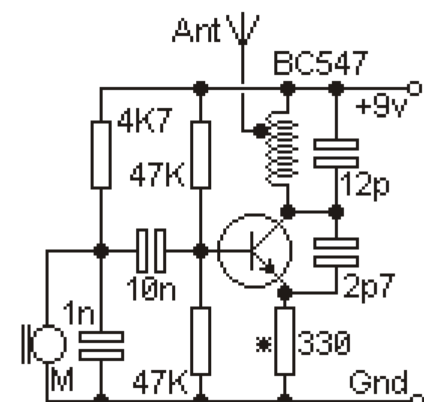
* Eto, tako to rade pravi majstori: kratko, jasno, duhovito i uljudno.

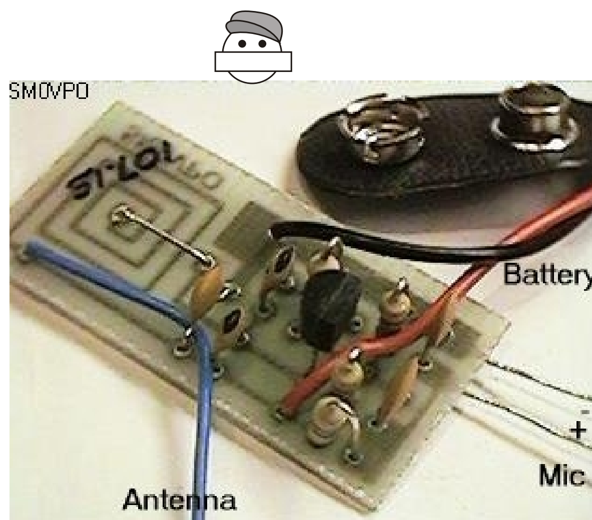
* Štampana pločica predajnika sa slike 3.46, u razmeri 1:1, prikazana je na slici 3.50. Gore je pogled sa strane štampe, a dole sa strane komponenata. Oznake komponenata su date na originalnoj slici (sl.3.46-b).

* Bežični mikrofon koji G. Lithol pominje u prvoj rečenici članka je prikazan je na slici 3.49. To je originalan crtež, skinut sa NET-a. Kalem je otštampan na pločici na kojoj su i ostale komponente. Izvod je tamo gde je zalemljen levi kraj antene. Antena je komad izolovane žice. Domet je najmanje 75 m, a može da se smanji povećanjem otpornosti otpornika označenog sa "330". ("Ovo se radi", kako kaže G. Lithol, "u slučaju da malom Džoniju padne na pamet da predajnik sakrije u sobi gde mu roditelji spavaju".)



Slika 3.50. Štampana ploča kola sa slike 3.46





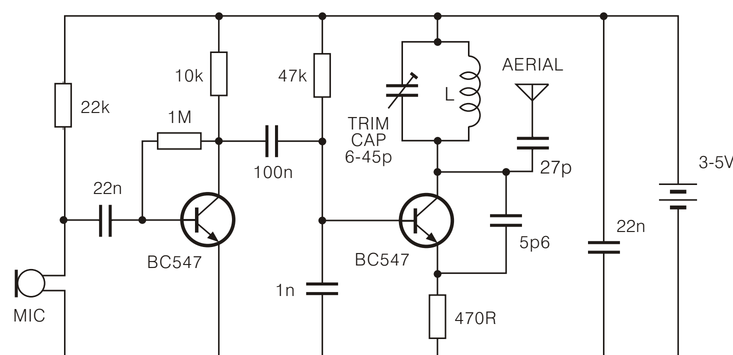
Slika 3.49. FM Wireless Microphone: levo - električna šema, desno - fotografija gotovog uređaja

3.16. . . . a kako prodavci KIT-ova

Mnogi ljubitelji elektronike su svoje druženje sa elektronskim uređajima započeli pravljenjem različitih alarma, migavaca, stroboskopskih treptača itd., za koje su komponente kupovali u kompletu koji se popularno zove KIT. Razlog je vrlo jednostavan. Kupovina u kitu je najbrži i najjeftiniji način da se nabave sve komponente i izbegne šetanje od prodavnice do prodavnice u potrazi za nekom od komponenata koje se teže nabavljaju. Loša strana ovog pristupa je u tome što većina prodavaca uz svoje kitove daju samo električnu šemu i vrlo kratka uputstva za praktičnu realizaciju, tako da, ako se ostane samo na njima, korisnik iz svega toga malo šta nauči o elektronici. Međutim, ima i prodavaca koji uz kitove, pored uputstva o izradi, daju i kratka teorijska objašnjenja koja, onima koji ih čitaju, proširuju znanje iz elektronike. Takav jedan primer je uputstvo koje jedan od prodavaca kitova, za svoj kit pod rednim brojem 7, nudi na vebsajtu http:/kitsrus.com. Električna šema predajnika je na slici 3.51.

Kit 7. 3V FM transmitter

Ovaj FM predajnik (FM Tx) je jedan od najprostojih i najosnovnijih FM predajnika koji ima upotrebljiv domet, a može da se napravi. On je iznenađujuće snažan uprkos malom broju komponenata i malom radnom naponu, samo 3 V. On se lako probija preko tri sprata u zgradi i ide preko 300 metara na otvorenom prostoru.



Slika 3.51. 3V FM transmitter

Kolo koje mi koristimo se bazira na dokazanom australijskom projektu. Može da se podesi bilo gde u FM opsegu, ali i izvan komercijalnog FM opsega, radi veće privatnosti. (Naravno to znači da mora da se modifikuje FM radio da bi bio sposoban da primi signal ili da se koristi FM prijemnik širokog prijemnog područja.)

Izlazna snaga ovog FM predajnika je ispod zakonskih granica u mnogim zemljama (recimo u SAD i Australiji). Međutim, u nekim zemljama su zabranjene sve bežične emisije bez dozvole. Obaveza i odgovornost svakog naručioca je da proveri zakonske zahteve za rad ovog kita i da ih se pridržava.

Kit je konstruisan na jednostranoj štampanoj ploči (PCB). Dizajniranje je obavljeno programom Protel Autotrax.

UPUTSTVA ZA SASTAVLJANJE

Komponente mogu da se montiraju na ploču bilo kojim redom. Zapazite da elektret mikrofon mora da se montira tako da mu nožica koja je spojena sa metalnim kućištem bude povezana sa negativnim krajem baterije (tj. sa masom ili delom kola koje je na nultom potencijalu). Prečnik (unutrašnji) kalema je 3 mm, a mota se žicom prečnika 0,61 mm.

Pošto se kalem zalemi na svom mestu na ploči, razmaknite zavojke za oko 0,5 mm, tako da se ne dodiruju. (Rastojanje nije kritično pošto se podešavanje (učestanosti) predajnika vrši trimer kondenzatorom. Sasvim je moguće, mada nije uobičajeno, da se umesto trimera koristi blok kondenzator fiksne kapacitivnosti, recimo od 47 pF, a da se učestanost predajnika podešava menjanjen rastojanja između zavojaka. Na taj način se podešavanje vrši promenom L a ne C oscilatornog kola.) Dodavanje ili sklanjanje baterije deluje kao prekidač.

Priključite polutalasnu ili četvrt talasnu antenu u tačku predviđenu za priključenje antene. Na FM učestanosti od 100 MHz, odgovarajuće dužine su 150 cm i 75 cm, respektivno.

OPIS KOLA

U osnovi, kolo je radiofrekventni (RF) oscilator koji radi na učestanosti oko 100 MHz. Audio signal sa izlaza elektret mikrofona se vodi na audio pojačavač naparavljen sa prvim tranzistorom. Izlazni napon sa kolektora tranzistora se vodi na bazu drugog tranzistora gde on vrši modulaciju rezonantne učestanosti tank kola (kalem i trimer kondenzator) menjajući kapacitivnost P-N spoja tranzistora. Kapacitivnost P-N spoja je funkcija potencijalne razlike primenjene na bazu tranzistora. Tank kolo je priključeno u Kolpicov oscilator.

Pogledajmo malo bliže sve pojedinačne blokove:

Elektret mikrofon: elektret je permanentno napunjen (elektricitetom) dielektrik. On se pravi tako što se keramički materijal zagreje i stavi u magnetno polje a zatim ohladi u tom polju. Elektret je elektrostatički ekvivalent permanentnog magneta. U elektret mikrofonu tanak komad ovog materijala se koristi kao deo dielektrika kondenzatora u kome je membrana (dijafragma) jedna od obloga. Zvučni pritisak pokreće jednu od obloga. Ovo kretanje menja kapacitivnost (a time i napon na krajevima kondenzatora). Elektret kondenzator je priključen na pojačavač sa FET-om (koji je ugrađen u kućište, zajedno sa kondenzatorom). Ovi mikrofoni su mali, imaju odličnu osetljivost, širok frekventni opseg i nisku cenu.

Prvi pojačavački stepen: to je standardni pojačavač sa tranzistorom u spoju zajedničkog emitera. Kondenzator od 22 nF izoluje (razdvaja) mikrofon od jednosmernog napona na bazi i dozvoljava prolaz samo naizmeničnim (AC) signalima.

Tank (LC) kolo: svaki TX (radio-predajnik) mora da ima oscilator da bi generisao (stvorio) radiofrekventne (RF) talase. Tank (LC) kolo, tranzistor BC547 i kondenzator za povratnu spregu od 5 pF obrazuju taj oscilator. Da bi se ostvarilo oscilovanje, nije potreban nikakav ulazni signal. Signal povratne sprege primorava struju baze da se menja sa istom učestanošću. To prouzrokuje i da se kolektorska struja menja sa istom učestanošću. Ovaj signal se vodi u antenu i zrači kao radio talasi. Sprežni kondenzator od 27 pF (između antene i predajnika) smanjuje uticaj kapacitivnosti antene na LC kolo.

Ime "tank" potiče iz sposobnosti LC kola da skladišti energiju za oscilovanje. U čistom (idealnom) LC kolu (koje nema otpornost) energija ne može da bude izgubljena. (U mreži naizmeničnog napona samo otporni elementi troše električnu energiju. Čisto reaktivni elementi, C i L, jednostavno skladište energiju i vraćaju je kasnije u sistem.

KALIBRACIJA (PODEŠAVANJE) KOLA

Postavite predajnik na oko 10 stopa (oko tri metra) od FM radija. Podesite radio na učestanost oko 89 - 90 MHz. Vratite se na FM Tx i uključite ga. Razmaknite (ako već niste) zavojke kalema na rastojanja od oko 1 mm. Ni jedan zavojak ne sme da dodiruje susedni. Koristite neku malu odvrtku za podešavanje trimer kondenzatora. Posle svakog podešavanja odmaknite odvrtku od trimera da bi se odstranio uticaj kapaciteta odvrtke i vaše ruke, ili koristite odvrtku od plastike. Ako imate problema pri pronalaženju predajne učestanosti, neka neki vaš pomoćnik proba da je pronađe na radiju posle svakog podešavanja.

Jedan pun okret rotora trimer kondenzatora pokriva pun opseg kapacitivnosti, od 6 pF do 45 pF, a samo jedna desetina maksimalne kapacitivnosti pokriva ceo FM opseg. Zbog toga, pri svakom podešavanju, rotor trimera treba okretati u koracima od po 5 do 10 stepeni. Kao što se vidi, podešavanje zahteva malo strpljenja ali nije komplikovano. Razlog zbog čega između predajnika i prijemnika mora da bude rastojanje od najmanje 10 stopa je u tome što predajnik emituje harmonike; on ne emituje na samo jednoj učestanosti već na više njih koje su bliske jedna drugoj.

Imaćete malih poteškoća pri pronalaženju učestanosti predajnika dok sledite opisanu proceduru.

ŠTA DA SE RADI AKO PREDAJNIK NE RADI

Loše lemljenje je najverovatniji uzrok da kolo ne radi. Pažljivo, pod dobrim osvetljenjem, proverite sva lemna mesta. Zatim proverite da li su sve komponente na svojim mestima na štampanoj ploči. Treće, pratite pomoću voltmetra bakarne linije da biste proverili razlike potencijala u različitim delovima kola, posebno na bazi, emiteru i kolektoru oba tranzistora.

Jesu li tranzistori kako treba? Da nije baterija prazna? Proverite napon između kolektora i emitera (1,0 do 1,5 V). Ovaj podatak vam kaže da na ovim komponentama postoji razlika potencijala koji stvara baterija.

Moguće je da zbog razlika u toleranciji otpornik od 22 k treba zameniti otpornikom veće ili manje otpornosti dok se ne ostvari najbolji prenos. Smanjenje otpornosti dovodi do povećanja osetljivosti.

ŠTA NAUČITI IZ OVOG KITA

Iz prethodnog opisa kola jasno je da iznenađujuće mnogo stvari može da se nauči iz ovog na prvi pogled jednostavnog kita. Evo liste nekih tema iz elektronike koje mogu da budu demonstrirane ili imaju svoje početke u ovom kitu: pojačavači klase C, FM predaja, VHF antene, pozitivna i negativna povratna sprega, ručna kapacitivnost, kvarcni oscilatori,

KOMPONENTE

Otpornici (ugljeni; 0,25W; 5%)
1M smeđa, crna, zelena
47k žuta, ljubičasta, narandžasta
22k crvena, crvena, narandžasta
10k smeđa, crna, narandžasta
470R žuta, ljubičasta, smeđa

Kondenzatori (keramički, svi sem 100 nF)
1n 102
5,6p 5p6
22n 223 2 kom.
27p 27p
100n blok kondenzator

Ostalo:
BC547 2 kom.
Kalem 5 zavojaka
Ekektret mikrofon
Trimer kondenzator žuti (6 - 45pF)
Žica za antenu 165 cm
Kit PCB
Držač za dve AA baterije

slabljenje signala.

Jednostavna polutalasna antena koja se koristi u ovom kitu nije najefikasnija. Veća efikasnost može da se dobije priključivanjem dipol antene uz korišćenje koaksijalnog kabla od 50 oma. Jedan od krajeva kabla treba priključiti u antensku tačku (gornji kraj kondenzatora od 27 pF), a drugi za masu.

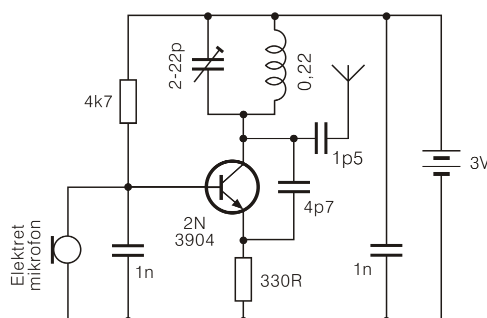
Može se eksperimentisati sa baterijom od 6 V i 9 V da bi se videlo kako to povećava domet predajnika. Osetljivost može da se poveća smanjivanjem otpornosti od 22k na 10k. Probajte i uverite se.

Zapazite da predajnik nije pogodan za nošenje, recimo u džepu. To je zbog uticaja kapacitivnosti tela, zbog čega se učestanost menja u zavisnosti od blizine tela. Spoljna kapacitivnost se automatski dodaje kapacitivnosti tank kola što dovodi do promene učestanosti emitovanja.

3.17. Električne šeme

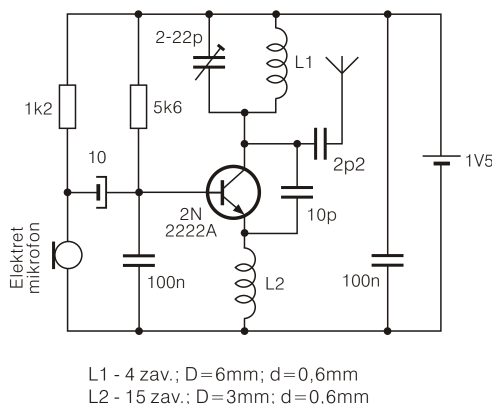
U ovom delu će, u par reči, biti opisane električne šeme još nekoliko FM predajnika. Biće dati samo osnovni podaci, praktična realizacija, podešavanje itd. je isto kao i u projektima koji su opisani u prethodnom tekstu.

Na slici 3.52 je šema najjednostavnijeg mogućeg FM predajnika. Ako se koristi sasvim kratka antena, dužine oko dvadeset centimetara, kondenzator od 1,5 pF može da se izostavi i tada ceo uređaj, računajući i mikrofon i bateriju ima samo deset komponenata, što ga čini sasvim jednostavnim i lakim za minijaturno izvođenje. Ovaj predajnik, kao, uostalom, i svi drugi uređaji, radi u skladu sa poslovicom "koliko para - toliko muzike: njegov domet je mali, a mala je i osetljivost na zvuk koji se prenosi, ali i za njega može da se nađe neka korisna praktična primena.

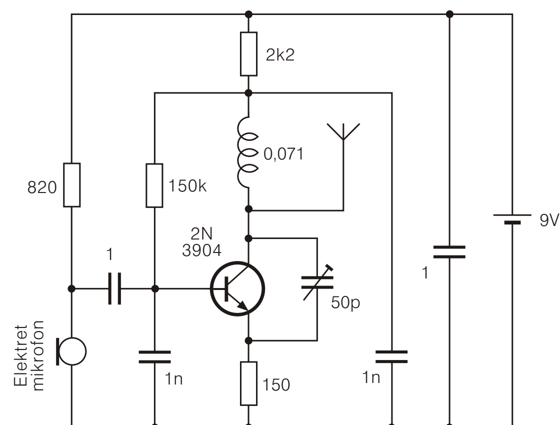


Slika 3.52. Najjednostavniji FM predajnik na svetu

Nedostatak predajnika sa slike 3.52 je u tome što se otpornik od 4,7 kilooma koristi i za polarizaciju baze tranzistora i kao radni otpornik FET-a u mikrofonu. Može da se desi da je za rad tranzistora bolje da ta otpornost bude veća, a za rad FET-a - da je manja. U tom slučaju mora da se ide na kompromisno rešenje koje nikad nije i optimalno za oba tranzistora. Bolje bi bilo da svaki tranzistor ima svoj otpornik optimalne vrednosti. U tom smislu rešenje sa slike 3.53 je poboljšana verzija rešenja sa slike 3.52. Ubačen



Slika 3.53. Veoma jednostavan FM predajnik



Slika 3.54. Jednostavan FM predajnik sa tranzistorom u refleksnom spoju

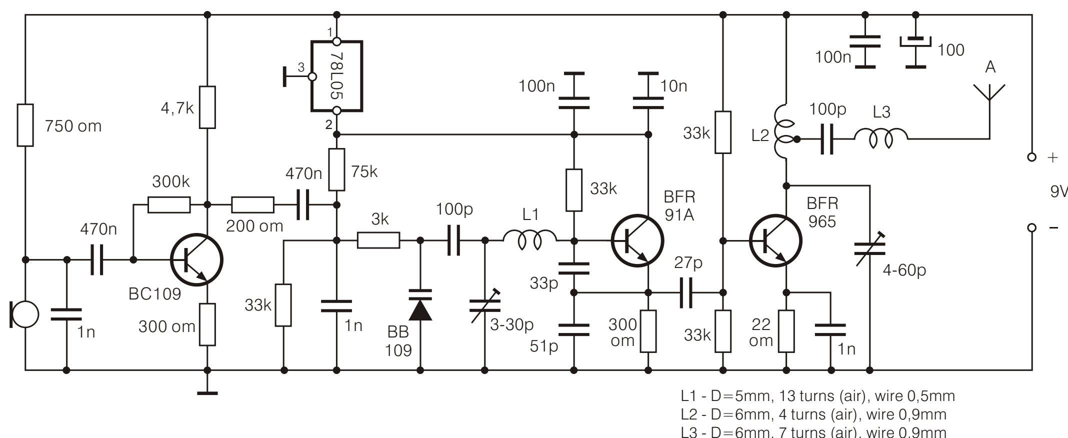
je još jedan otpornik (1k2) koji služi isključivo kao opterećenje FET-a. Drugim otpornikom se ostvaruje optimalna radna tačka tranzistora. Dodavanjem otpornika 1k2 postalo je neophodno i dodavanje sprežnog kondenzatora 10 . Postoji još jedna novina: otpornik od 330 oma je zamenjen VF prigušnicom L2. Pošto na njoj nema pada jednosmernog napona, njeno dodavanje je omogućilo da se koristi baterija od samo 1,5V. Ako se u tu svrhu koristi minijaturna baterija u obliku dugmeta, kao i minijaturni elektret mikrofon, ceo uređaj može da se smesti u sasvim malu kutiju.

U predajniku sa slike 3.54 se koristi starinska tzv. refleksna tehnika, koja je stvorena u davnim vremenima kada su tranzistori bili vrlo skupe komponente. Radi ušetede u broju tranzistora, pravljena su kola u kojima je jedan tranzistor obavljao dve uloge. U našem slučaju, tranzistor istovremeno radi i kao aktivna komponenta NF pojačavača, koji pojačava signal iz mikrofona, i kao aktivna komponenta VF oscilatora. Ukupna jednosmerna struja baterije je manja od 3 mA, što joj obezbeđuje vrlo dug život.

Na prethodnim stranicama upoznali smo jedan projekat iz Japana, pa iz Švedske i

Australije. Na slici 3.55 je FM predajnik iz komšiluka, iz Bugarske. Autor je G. Jordan Strunđev. Šema je vrlo slična ranije opisanim predajnicima rađenim po blok-šemi: NF pojačavač - VF oscilator - pojačavač snage.

Upotreba stabilizatora napona 78L05 doprinosi stabilnosti učestanosti oscilatora. Nešto malo stabilniji rad NF pojačavača može da se ostvari ako se gornji krajevi otpornika 750 oma i 4,7k otkače sa plus pola baterije i vežu za nožicu broj 2 stabilizatora. U tom slučaju, između nožice 2 i mase treba dodati kondenzator od 47   F.



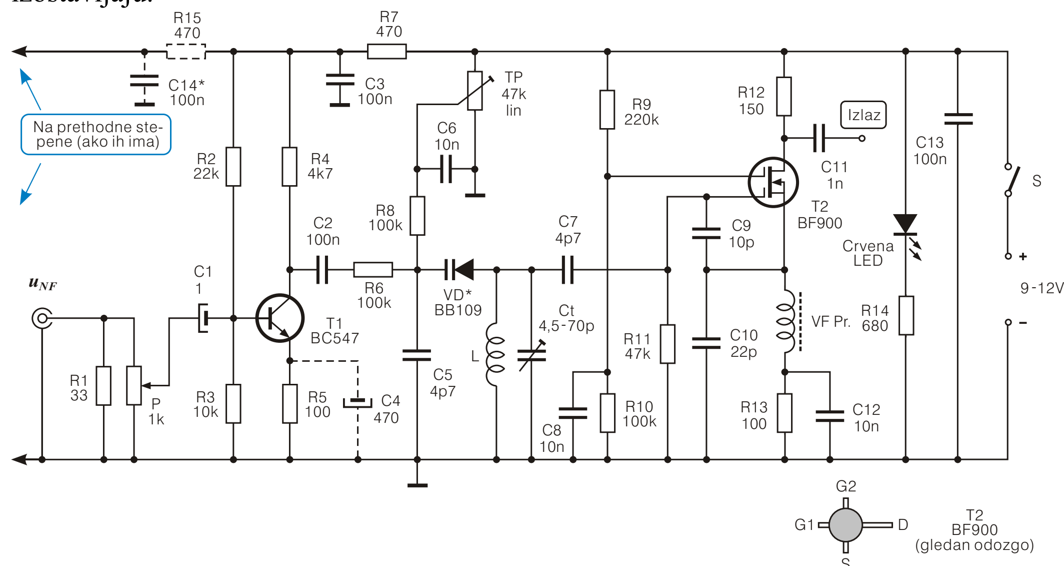
Slika 3.55. Jordan Strundjev Simple FM Transmitter 88 . . . 108 MHz

Na slici 3.56 je električna šema FM predajnika sa oscilatorom u kome je iskorišćen MOSFET sa dva gejta BF900. Umesto ovog, moguće je koristiti i drugi sličan tranzistor kao što su BF905, BF907 itd. U tački obeleženoj sa "Izlaz" se priključuje vrlo kratka antena. Ako se koristi duža antena, tada kapacitivnost C11 treba smanjiti na nekoliko pikofarada. U istu tačku se, ako ga ima, priključuje ulaz u pojačavač snage.

Uz upotrebu stabilisanog izvora napajanja, oscilator ima veoma stabilnu učestanost.

Trimer kondenzatorom se podešava učestanost predajnika, a trimer potenciometrom optimalna modulacija.

Modulacija se vrši nekim snimljenim NF signalom (sa CD plejera, kasetofona i sl.). Eektret mikrofon može da se se priključi između levog kraja C1 i mase. U tom slučaju se dodaje i otpornik od nekoliko kilooma, između levog kraja C1 i gornjeg kraja C14, a P i R1 se izostavljaju.



Slika 3.56. FM predajnik sa BF900 u oscilatoru

4.

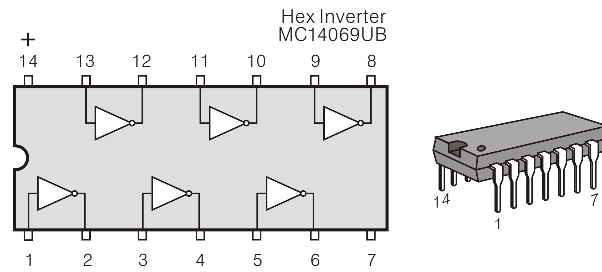
DODACI

4.1. Predajnici sa logičkim kolima

Logička kola su konstruisana prvenstveno za upotrebu u uređajima za obradu digi-

talnih podataka ali su, zahvaljujući niskoj ceni i ogromnim mogućnostima primene, našli značjno mesto i u mnogim analognim uređajima.

U radio-predajnicima, logička kola se najčešće koriste kao VF i NF oscilatori i kao pojačavači, kao što je već opisano u projektima 1.1 i 2.4. U tu svrhu moguće je koristiti mnoga logička kola, mi ćemo, kao ilustraciju, da pogledamo nekoliko primera praktične primene CMOS logičkog kola 4069. Blok šema ovog kola je prikazana na slici 4.1. U njemu se nalazi šest invertora. Njihovi ulazi su na nožicanma 1, 3, 5, 9, 11 i 13, a izlazi na nožicama 2, 4, 6, 8, 10 i 12. Napajanje svih šest invertora se ostvaruje priključivanjem izvora jednosmernog napona između nožica 14 (plus) i 7 (minus). Bakarna linija na štampi sa kojom je spojena nožica 7 je masa.



Slika 4.1. Blok šema i plastično kućište logičkog kola 4069

Rad ovih kola je sasvim jednostavan. Kad je na ulazu invertora logička nula na izlazu je logička jedinica i obrnuto, kada je na ulazu jedinica - na izlazu je nula. Logička nula je napon od nula volti, a logička jedinica napon jednak naponu napajanja kola. Na primer, ako se kolo sa slike 4.1a napaja iz ispravljača čiji je napon 12 V, tada se dovođenje nule na neki od ulaza ostvaruje spajanjem tog ulaza sa masom (sa nožicom 7), a dovođenje jedinice - spajanjem sa pozitivnim vodom (sa nožicom 14).

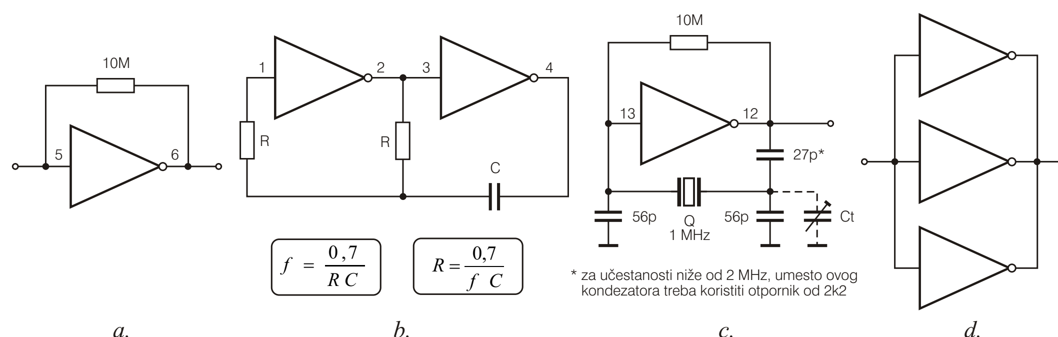
Maksimalan napon napajanja ovog kola je 18 V, a maksimalna struja po priključku ±10 mA. Snaga disipacije celog čipa je 500 mW. Mirna struja čipa pri naponu napajanja od 15 V je izuzetno mala, samo 1,5 nA.

Ulazi koji se ne koriste ne smeju da "vise", oni moraju da budu spojeni ili sa masom ili sa napajanjem. Izlazi koji se ne koriste mogu da "vise" (da ne budu nigde priključeni).

Pri bilo kakvim intervencijama na kolu, napajanje (jedan njegov kraj) treba otkačiti.

CMOS invertori mogu da se koriste kao pojačavači napona. Sve što treba da se uradi je da se između ulaza i izlaza veže otpornik otpornosti od 1 do 10 M , kao što je prikazano na slici 4.2-a. (Ulaz je između nožice 5 i mase, a izlaz između 6 i mase.)

Pomoću dva invertora, jednog kondenzatora i dva otpornika može da se napravi oscilator (slika 4.2-b), koji se u katalozima proizvođača logičkih kola, u delu u kome su opisane primene kola, reklamira kao "Skoro savršen oscilator". Učestanost oscilovanja je data obrasacem *f*=0,7/(*RC*). U praksi je poznata učestanost oscilovanja, pa se proračun



Slika 4.2. a - pojačavač sa CMOS invertorom, b - oscilator (astabilni multivibrator) sa dva CMOS invertora, c - stabilisani Pirsov oscilator sa CMOS invertorom, d - paralelna veza invertora

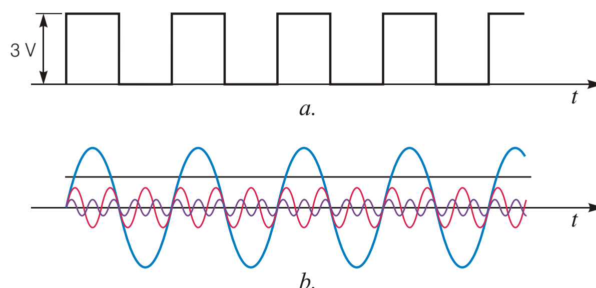
komponenata vrši tako što se jedna od njih (ili R ili C) usvoji a druga izračuna iz date formule. Bolje je da se usvoji C a izračuna R, jer se otpornici proizvode sa manjim tolerancijama od kondenzatora, pa se lakše nalazi vrednost koja je najbliža izračunatoj vrednosti. Na primer, ako nam je potreban oscilator učestanosti *f*=600 Hz, usvajamo C=220 nF, pa je:

$$R=1/(600\cdot 220\cdot 10^{-9})=5303 \ .$$

Pošto otpornik te otpornosti ne postoji, usvajamo otpornik od 5100 . Sa njime, učestanost će biti malo veća od 600 Hz, ali to obično nije od velikog značaja. Ako jeste, tada treba redno ili paralelno vezati dva ili više otpornika tako da je ekvivalentna otpornost jednaka izračunatoj vrednosti. Naravno, imajući u vidu toleranciju otpornika i kondenzatora, ni tada učestanost nije potpuno tačna. U slučaju da nam je potrebna tačna učestanost, najjednostavnije je da se umesto R koristi trimer potenciometar od 10 k , i njime podesi potrebna veličina učestanosti.

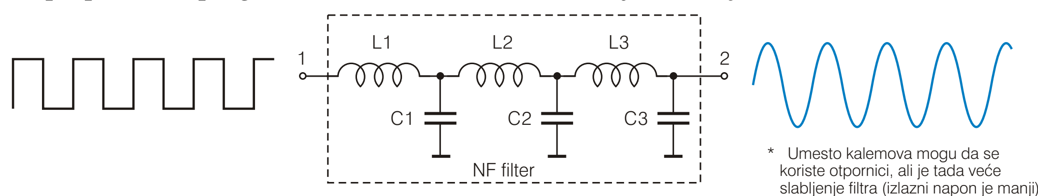
Treba imati u vidu da postoji bitna razlika između promenljivog napona koji stvara oscilator sa logičkim kolima od napona koji stvaraju oscilatori sa oscilatornim kolima. Ovi drugi, kao što je to bio slučaj u većini predajnika iz prethodnih projekata, stvaraju napon

sinusoidalnog oblika, kao što je, na primer, napon na slici 2.35-a. Relaksacioni oscilatori, takav je i oscilator sa slike 4.2-b, kao i ostali oscilatori sa logičkim kolima, stvaraju napon četvrtastog oblika. U idealnom slučaju, taj napon ima oblik kao na slici 4.3-a. (U stvarnosti on nije baš tako strogo pravougaonog oblika.) Za napon u obliku sinusoide se kaže da je prostoperiodičan, a za napon sa slike 4.3-a da je složenoperiodičan. Naime, napon na slici 4.3-a



Slika 4.3. Pravougaoni signal: a - oblik, b - komponente (harmonici)

može da se rastavi na svoje komponente koje se nazivaju harmonici. To su sinusoide koje kad se saberu daju pravougaoni napon. Harmonika ima beskonačno mnogo, na slici 4.3-b su prikazana samo prva tri: prvi (ili osnovni), treći i peti. Ako je učestanost ponavljanja impulsa sa slike 4.3-a jednaka *f*, tada su učestanosti harmonika sa slike 4.3-b jednake *f*, 2*f* i 3*f*. Pomoću kola koja se nazivaju električni filtri moguće je izdvojiti samo jedan od harmonika, onaj koji nam je potreban. Tako je, na primer, na slici 4.4, pomoću filtra propusnika niskih učestanosti, iz pravougaonog napona izdvojen samo prvi harmonik. Na sličan način, pomoću filtra propusnika opsega učestanosti, može da se izdvoji bilo koji harmonik. Šta se dešava



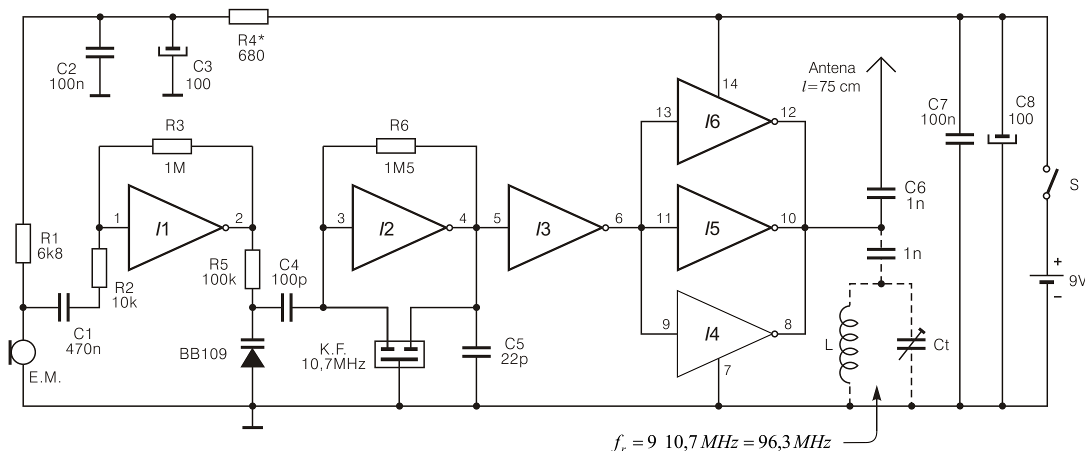
Slika 4.4. Filtriranje prvog harmonika pravougaonog signala

ako se pravougaoni napon koristi kao nosilac u nekom predajniku i on odvede direktno u antenu, bez ikakvog filtriranja? Dešava se to da predajnik emituje na više učestanosti, što zakon strogo zabranjuje, čak i kad vlasnik predajnika ima dozvolu za rad. Na primer, ako je učestanost oscilatora sa slike 4.2.b *f*=3,4 MHz, on će emitovati na toj učestanosti ali i na 2*f*=6,8 MHz, 3*f*=10,2 MHz, 4*f*=13,6 MHz itd.

VF oscilator može da se realizuje sa pojačavačem sa slike 4.2.a kome se između ulaza i izlaza veže neka selektivna impedansa. Na slici 4.2-c selektivna impedansa je impedansa kristala kvarca.

Dva ili više invertora može da se veže u paralelu (sl. 4.2-d) radi dobijanja veće izlazne struje i manje izlazne otpornosti.

Električna šema malog FM predajnika čije su sve aktivne komponente invertori iz kola 4069 prikazana je na slici 4.5. Invertor *I*1 je pojačavač kojim se pojačava NF signal iz elektret mikrofona E.M. Pojačani NF signal se, preko R5, vodi na varikap diodu BB109 koja je u sastavu VF oscilatora izvedenog sa invertorom *I*2. Pozitivna povratna sprega je ostvarena preko keramičkog filtra K.F. Frekvencijski signal se, preko *I*3, i paralelno vezanih *I*4, *I*5 i *I*6, vodi u antenu.



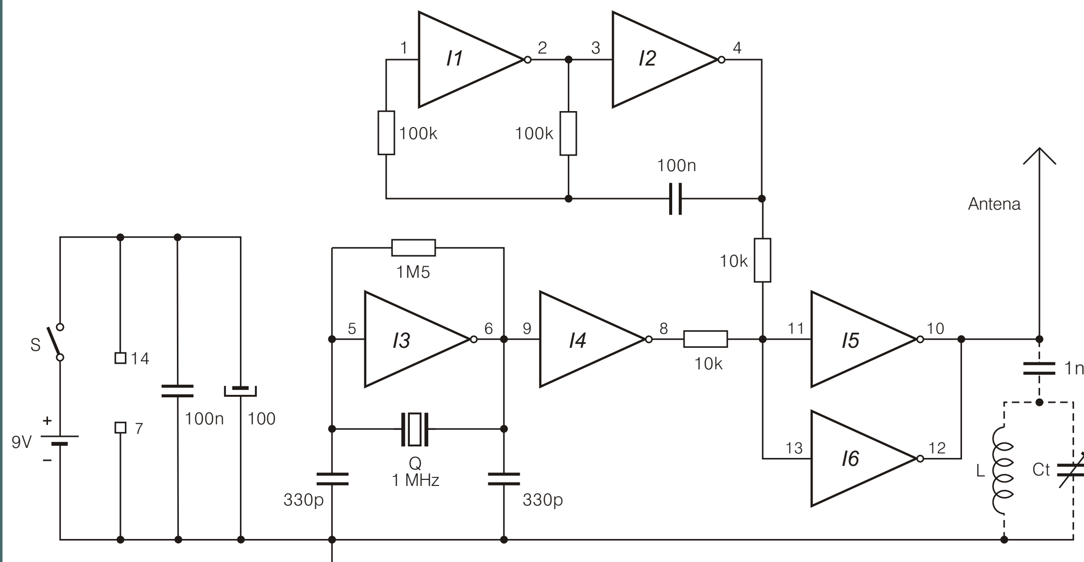
Slika 4.5. FM predajnik sa kolom CD4069

Oscilator radi na učestanosti 10,7 MHz. Ovaj napon je veoma bogat harmonicima pa ima i harmonik čija je učestanost *f*=9·10,7 MHz=96,3 MHz, tako da je moguć prijem i pomoću kućnog FM prijemnika. Dodatno isticanje (povećanje) devetog harmonika i potiskivanje svih ostalih harmonika može da se ostvari dodavanjem paralelnog oscilatornog kola (L,Ct), čija je rezonantna učestanost podešena na 96,3 MHz, ali tada uređaj ne može više

da se zove "Predajnik bez kalemova".

Kao i kod svih drugih integrisanih kola, gornji kraj kondenzatora C7 (obavezno keramički) treba zalemiti u stopicu koja je što je moguće bliža stopici u kojoj je zalemljena nožica 14 integrisanog kola.

Na slici 4.6 je električna šema AM predajnika koji je takođe izveden sa kolom 4069. VF signal učestanosti 1 MHz, koji se generiše (stvara) u oscilatoru sa invertorom *I*3, se, preko bafera (razdvojnog stepena) sa *I*4, vodi na ulaz izlaznog stepena koji obrazuju paralelno vezani *I*5 i *I*6. Na ovaj ulaz se dovodi i NF signal iz oscilatora sa *I*1 i I2. AM signal se



Slika 4.6. AM predajnik sa kolom CD4069

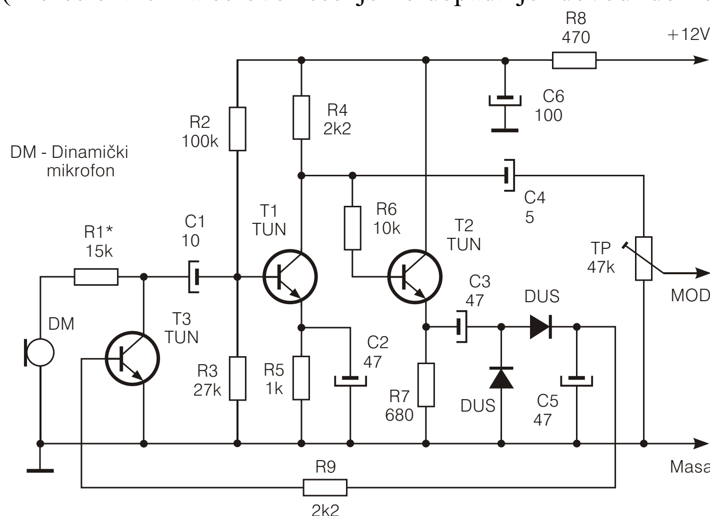
vodi u antenu koja je komad žice dužine desetak centimetara.

Prijem se ostvaruje pomoću AM prijemnika, sa preklopnikom u položaju MW (srednji talasi), podešenim na 1 MHz.

Kao što se vidi, i ovo je Tracking Transmitter o kome je već bilo reči u prethodnom tekstu. Autor ovih redova je sličan predajnik, pre mnogo godina, koristio za pronalaženje mesta prekida telefonske parice (plava i bela žica kojima se telefonska utičnica u stanu povezuje sa razvodnim ormanom u podrumu zgrade). Jednu od tih žica je, preko kondenzatora od 100 pF, povezao kao antenu predajnika. Malim tranzistorskim radio-prijemnikom se podesio na signal i, trudeći se da ostvari maksimalnu jačinu zvuka u zvučniku, pratio paricu kroz zidove stana, pa kroz zidove hodnika, sve do prostorije u kojoj je bio motor za lift. Prekid je bio ispod drvenog praga ove prostorije.

4.2. NF pojačavač sa ARP-om

"Tonci" i svi drugi trudbenici koji se bave snimanjem zvuka dobro znaju kako je teško ostvariti dobar snimak ako uređaj koji koriste nema automatsku regulaciju nivoa NF signala koji se snima pomoću mikrofona. Ako se nema dovoljno iskustva, snimak je ili suviše slab, pa do izražaja dolazi šum, ili je suviše jak, pa je izobličen. U savremenim uređajima za snimanje zvuka, problem je rešen uvođenjem kola za automatsku regulaciju pojačanja (ARP). (Profesionalcima se ovo rešenje ne dopada jer dovodi do neprirodnog sma-



Slika 4.7. Pojačavač za mikrofon sa ARP-om

njenja dinamike ali ga većina, naročito mlađi i pragmatičniji, ipak koriste.)

Ovaj problem postoji i kada se predajnik koristi za neposredno emitovanje NF signala iz mikrofona. Električna šema NF pojačavača čije se pojačanje automatski menja u zavi-

snosti od jačine zvuka ispred mikrofona data je na slici 4.7. Pojačani signal iz mikrofona se sa kolektora T1, preko R6, vodi na bazu T2. Pojačanje ovog stepena, to je spoj sa zajedničkim kolektorom, je jednako jedinici, pa se NF signal dobija na R7. Odatle, on se, preko C3, vodi na detektor u udvostručavajućem spoju sa univerzalnim silicijumskim diodama DUS. Detekcijom, na C5 se dobija jednosmerni napon čija je veličina srazmerna amplitudi NF signala: veći NF signal - veći napon na C5, manji signal - manji napon. Ovaj jednosmerni napon se, preko R9, vodi na bazu T1. Pod dejstvom napona menja se otpornost R_{CE} između kolektora i emitera T3: veći napon manja otpornost i obrnuto, manji napon - veća otpornost. Otpornici R_{CE} i R1 obrazuju oslabljivač napona čije je slabljenje jednako $1+R_{CE}/R_1$. Kao što se vidi, pri jačem zvuku slabljenje je veće, a pri manjem - manje, pa se na kolektoru T2 dobija NF signal konstantne jačine, bez obzira na jačinu zvuka. Ovaj signal se, preko C4 i TP vodi na predajnik. Veličina slabljenja se podešava promenom otpornosti R1.

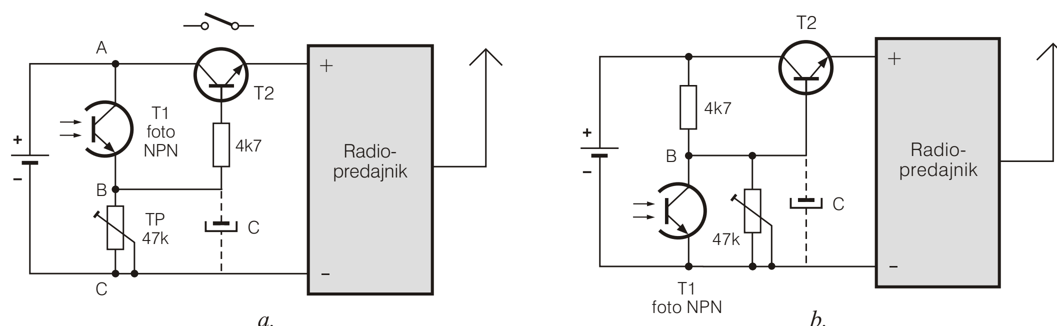
4.3. Automatsko uključivanje predajnika

U mnogim naučnim istraživanjima u kojima se podaci prenose radio-putem, korisno je da radio-predajnik radi samo pod određenim unapred definisanim uslovima. Za uključivanje i isključivanje predajnika koriste se elektronski prekidači koji reaguju na promenu neke fizičke veličine pri kojoj predajnik treba da se uključi, odnosno isključi.

Na slici 4.8-a je prikazan elektronski prekidač koji obrazuju T1, T2, 4k7 i TP, a koji treba da uključi predajnik pri pojavi svetlosti. Princip rada se zasniva na činjenici da veličina otpornosti R_{CE} (između kolektora i emitera T2) zavisi od napona na bazi: veliki napon - otpornost jednaka (skoro) nuli, mali napon - otpornost vrlo velika. Jednostavnije rečeno, ako T1 zamislimo kao prekidač, taj prekidač je zatvoren kad je napon na bazi veliki, a otvoren kad je napon mali.

Dok nema svetlosti, otpornost foto otpornika je vrlo velika i napon u tački B je vrlo mali. Zbog toga je i napon na bazi T2 vrlo mali i tranzistor se ponaša kao otvoren prekidač, pa predajnik nema napajanje. Kada se pojavi svetlost, otpornost foto-tranzistora se smanji, napon u tački B, pa i napon na bazi T2 se povećaju i T2 ode u zasićenje - ponaša se kao zatvoren prekidač. Predajnik dobija napajanje i počinje da emituje.

Trimer potenciometrom TP se podešava osetljivosti prekidača: ona je jednaka nuli (prekidač uopšte ne radi) kad je klizač u krajnjem gornjem položaju, a maksimalna (prekidač reaguje na najmanju jačinu svetlosti) kad je klizač u krajnjem donjem položaju. Predpostavlja se da klizač nikada neće da bude u krajnjem gornjem položaju jer tada postoji opasnost da T1 pregori pri jačoj svetlosti. Ako ta mogućnost ipak postoji, treba dodati zaštitni otpornik (recimo 1 k) na red sa T1.



Slika 4.8. Automatsko uključivanje predajnika: a - pri pojavi svetlosti, b - pri nestanku svetlosti

Električna šema prekidača kojim se predajnik uključuje kada svetlost nestane prikazana je na slici 4.8b. Dok ima svetlosti, otpornost T1 je mala i napon u tački B je mali, pa je prekidač T2 otvoren. Kad nestane svetlosti, otpornost T poraste, poraste napon u tački B i na bazi T1 i prekidač se zatvori. TP-om se i na ovoj šemi određuje osetljivost prekidača na svetlost. Zaštitni otpornik nije potreban, njegovu ulogu igra 4k7.

* Na slici 4.8 umesto foto tranzistora mogu da se koriste drugačiji senzori, čija se otpornost smanjuje pri promeni vlažnosti vazduha, pri promeni temperature, magnetnog polja itd. i predajnik će da se uključi (sl. 4.8-a) ili isključi (sl. 4.8-b) pri promeni nabrojanih veličina.

* Osnovni nedostatak prekidača sa slike 4.8. je u tome što on, da se tako izrazimo, neodlučno reaguje ako veličina koja ga aktivira osciluje oko kritične vrednosti. Predajnik se svaki čas uključuje i isključuje, što nije dobro. Mnogo bolji (odlučniji) elektronski prekidač sa logičkim kolom 7413, koji kad uključi ili isključi predajnik više ne reaguje na male promene fizičke veličine, opisan je u časopisu *Praktična* ELEKTRONIKA 7/8.

U mnogim praktičnim primerima, naročito ako se prijemnik napaja iz baterija, korisno je da predajnik emituje samo kada ima šta da se emituje. Na primer, ako predajnik postavite u neki udaljeni objekat, sa ciljem da vam javlja da li je u tom objektu tišina, ili u njemu neko razgovara, recimo provalnici koji se dogovaraju šta da iznesu, korisno je da on proradi samo ako u tom objektu postoji neki zvuk. Električna šema jednog takvog uređaja prikazana je na slici 4.9.

Osnovni sklop ovog uređaja je monostabilni multivibrator realizovan sa CMOS logičkim kolom 4001B. Kada se na nožicu 1 ovog kola dovede kratkotrajan pozitivan impuls (logička jedinica), na nožici 9 se pojavi pozitivan napon (logička jedinica, koja je u ovom slučaju pozitivan napon od 9V) koji traje znatno duže od okidnog impulsa na nožici 1. Vreme trajanja ovog impulsa je određeno vremenskom konstantom RC kola koje obrazuju TP2, 10k i C3 i ono se podešava pomeranjem klizača TP2.

Slika 4.9. Automatsko uključivanje predajnika pri pojavi zvuka

Kada se uređaj uključi, u odsustvu zvuka, nožica 1 je na potencijalu mase (logička nula) i na nožici 9 je napon jednak nuli. Toliki je i napon na bazi tranzistora pa se ovaj ponaša kao otvoren prekidač i predajnik nema napajanja. Kad se pojavi zvuk, NF signal iz elektret mikrofona biva pojačan operacionim pojačavačem sa kolom 741.Pojačani signal se sa nožice 6 ovog kola, preko C2, vodi na detektor (ispravljač) sa diodama 1N4148, pa se na C3 dobija pozitivan jednosmerni napon. Ovaj napon okine multivibrator i na nožici 9 se pojavi +9 V. On se, preko 4k7, prenese na bazu TUN-a, ovaj ode u zasićenje i kratko spoji sa masom tačku u predajniku koja se spaja sa minus polom baterije. Predajnik počinje da radi. Modulacija se obavlja NF signalom koji se u njega dovodi preko kondenzatora C1.

Da se predajnik ne bi isključivao za vreme pauza u govoru, trimerom se podešava optimalno vreme trajanja impulsa na nožici 9.

4.4. Štedljivi predajnik

Na slici 4.10 je prikazana blok šema i raspored nožica TTL logičkog kola 7413. Osnovna namena ovog kola je uobličavanje impulsa. Ono, jednostavno govoreći, od impulsa čiji je oblik izobličen pravi "čiste" pravougaone impulse konstantne amplitude. To je ostvareno ugradnjom Šmitovih okidnih kola, koja u našim primenama nisu od značaja. U kolu se, kao što je prikazano na slici 4.10, nalaze dva logička NI kola, svako sa po četiri ulaza i jednim izlazom. Napajanje oba kola se vrši iz jednosmernog izvora koji se priključuje između nožica 14 i 7 (+ na 14), a čiji napon NE sme da bude veći od 5,5 V. Nožice 3 i 11 se ne koriste i one se nigde ne priključuju (NC - Not Connected).

Na slici 4.11 je prikazana električna šema oscilatora sa 7413. Kompletan oscilator ima samo tri komponente što ga čini jednostavnijim od bilo kog oscilatora izvedenog u diskretnoj tehnici (sa tranzistorom, otpornicima, kondenzatorima itd.). Učestanost oscilovanja je data obrascem f=0,7/(RC). Pošto je učestanost zadata, usvoji se veličina kapacitivnosti, pa se otpornost računa iz obrasca R=0,7/(C·f). Na primer, ako nam je potreban NF oscilator čija je učestanost f=400 Hz, usvojimo kondenzator kapacitivnosti C=4,7 F, i izračunamo otpornost: R=0,7/(4,7·10^{-6}·400)=372 . Pošto takav otpornik ne postoji, upotrebićemo neki čija je otpornost najbliža, a to je R=390 . Naravno, učestanost će sada biti malo manja od 400 Hz, ali to, u većini slučajeva, nije od nikakvog značaja. Ako, ipak, jeste, tada umesto otpornika treba staviti trimer potenciometar od 500 i njime izvršiti fino podešavanje učestanosti.

Slika 4.10. Blok šema i raspored nožica kola 7413

Menjanjem kapacitivnosti C u granicama od oko hiljadu mikrofarada do nekoliko pikofarada, učestanost oscilatora se menja u granicama od nekoliko herca do nekoliko desetina megaherca.

Električna šema štedljivog predajnika je prikazana na slici 4.12. Ovaj predajnik spada u grupu Tracking Transmitter-a i on emituje ton učestanosti f=400 Hz, koji stvara oscilator napravljen od jedne polovine kola 7413. Kad bi komadom žice spojili kolektor i emiter tranzistora T, ovaj predajnik bi radio neprekidno. Sa drugom polovinom kola 7413, napravljen je oscilator čija je učestanost približno jednaka 2 Hz. On stvara četvrtasti napon

$$f = \frac{0,7}{RC}$$

$$C = \frac{0,7}{f\ R}$$

Slika 4.11. Oscilator sa kolom 7413

Slika 4.12. Štedljivi predajnik

istog oblika kao što je napon na slici 4.3.a. Za vreme od jedne sekunde napon je jednak 3 V i tada se T ponaša kao zatvoren prekidač pa predajnik radi, a za vreme sledeće sekunde je nula i predajnik ne radi. Na mestu prijema čuje se isprekidani ton učestanosti 400 Hz. Lako se zaključuje u čemu je prednost ovakvog načina rada: baterija traje dva puta duže.

* NF filtrom koji obrazuju R4 i C3 se vrši uobličavanje četvrtastih impulsa, o čemu je bilo reči u tekstu u vezi sa slikom 4.4. Njihove vrednosti mogu da budu R4=3,9 k i C=100 nF, ali je bolje da budu veće jer je tada veće i potiskivanje viših harmonika. Optimalne vrednosti, pri kojima je modulacija predajnika optimalna, nalaze se eksperimentom.

* Stabilizator napona 78L05 je potreban samo ako je napon baterije veći od 5 V. Ako nije, stabilizator se izostavlja, a tačke 1 i 2 se spajaju komadom žice.

Autor ove "Praktične ELEKTRONIKE" je ubeđen da je čitaocima jasno kako se motaju samonoseći vazdušni (bez ikakvog kalemskog tela i jezgra) kalemovi. Ipak, za svaki slučaj, evo i slike 4.13, koja može da bude od koristi početnicima.

Prečnik tela oko koga se mota kalem (D) je u granicama od nekoliko milimetara do deset milimetara, a prečnik žice (d) u granicama od 0,4 mm do 1 mm. Između zavojaka treba da je razmak jednak prečniku žice. To može da se ostvari na više načina. Kalem se namota zavojak do zavojka i skine sa tela, a zatim zavojci, pomoću nekog noža i sl., razmaknu. Drugi način je da se sa dve žice istovremeno namotaju dva kalema. Jedan od njih; onaj koji je "ispao" lepši, se koristi, a drugi baci (ili sačuva za drugi predajnik). Treći način je da se kalem mota oko mašinskog zavrtnja, i pri motanju prati narez. Kad se završi, kalem se "odšrafi" sa zavrtnja.

Slika 4.13. Motanje vazdušnih kalemova

Vrlo je značajno da se sa krajeva kalema, u dužini od oko 10 mm, vrlo pažljivo sastruže izolacija i krajevi kalajišu, pre montiranja i lemljenja na štampanu ploču. Dok to radite, kalem će se sigurno deformisati. Ako vam je stalo, a trebalo bi, da kalem bude pravilnog oblika, namotajte jedan probni kalem i skratite mu krajeve na potrebnu

dužinu. Zatim ga odmotajte i izmerite potrebnu dužinu žice. Ostavite ovaj komad i odmerite novi, pa, pre nego što ga odsečete, ostružite izolaciju i kalajišite krajeve i, ako je potrebno, mesto na kome će biti izvod, na način opisan u tekstu u vezi sa slikom 3.36-c. To se sada jednostavnije radi jer se duži komad žice lako drži u ruci. Na kraju, odsecite komad i namotajte kalem.

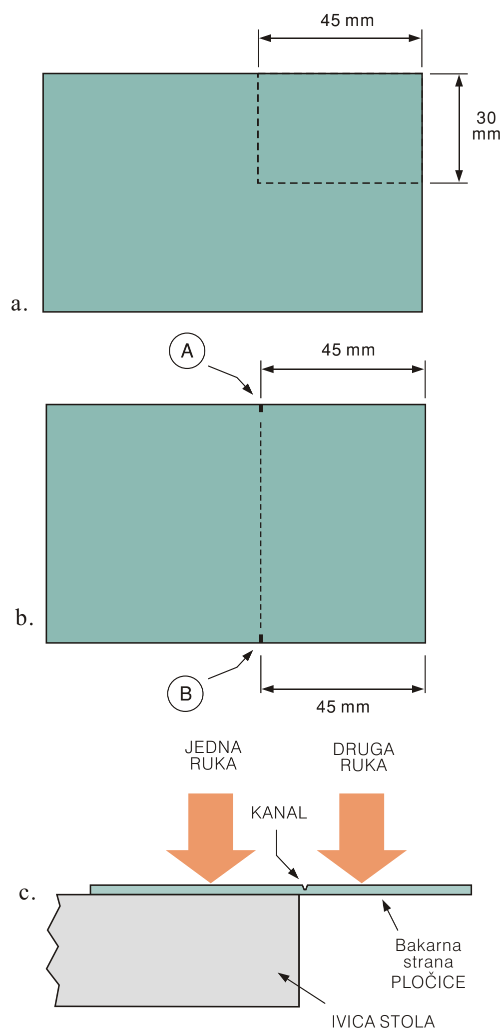


4.5. Izrada štampane pločice

Projektovanje i izrada štampane ploče detaljno je objašnjeno u *Praktičnoj* ELEKTRONICI 2, pod nazivom "Praktična realizacija elektronskih uređaja". Ovde ćemo da razmotrimo kako se pravi štampana ploča čiji je crtež već gotov. Kao primer, uzećemo crtež pločice prijemnika sa slike 3.19, čije su dimenzije 45mm x 30mm.

a. Štampano kolo se pravi od kaširanog pertinakasa ili vitroplasta, tj. od tanke ploče (debljine oko 1,5 mm) od izolacionog materijala, na koju je sa jedne strane nanešen tanak sloj bakra. Od ploče kupljene u prodavnici elektronskih komponenata, koja je prikazana na slici 4.14-a, treba odseći deo dimenzija 45 mm x 30 mm. U amaterskim uslovima, sečenje se svodi na prelamanje. Prvo se, prema slici 4.14-b, na strani ploče na kojoj nema bakra, obeleže tačke A i B. Na njih se postavi lenjir ili neka letvica i, vrhom šila ili odvrtke, nekoliko puta, uz pritiskanje, prevuče od tačke A do tačke B, tako da se u ploči napravi kanal, dubine oko 0,5 mm. (Taj kanal je na slici prikazan isprekidanom linijom). Kad je kanal gotov, ploča se stavi na ivicu stola, kao što je prikazano na slici 4.14-c. Kanal je sa gornje strane, bakarna folija sa donje. Jednom rukom, (dešnjaci levom, levaci desnom), se ploča pritisne uz sto a drugom pritisne deo koji treba da se odlomi, i on se - odlomi.

Na odlomljenom komadu se napravi novi kanal na rastojanju od 30 mm, i odlomi komad dimenzija 45mm x 30mm. To je naša pločica.



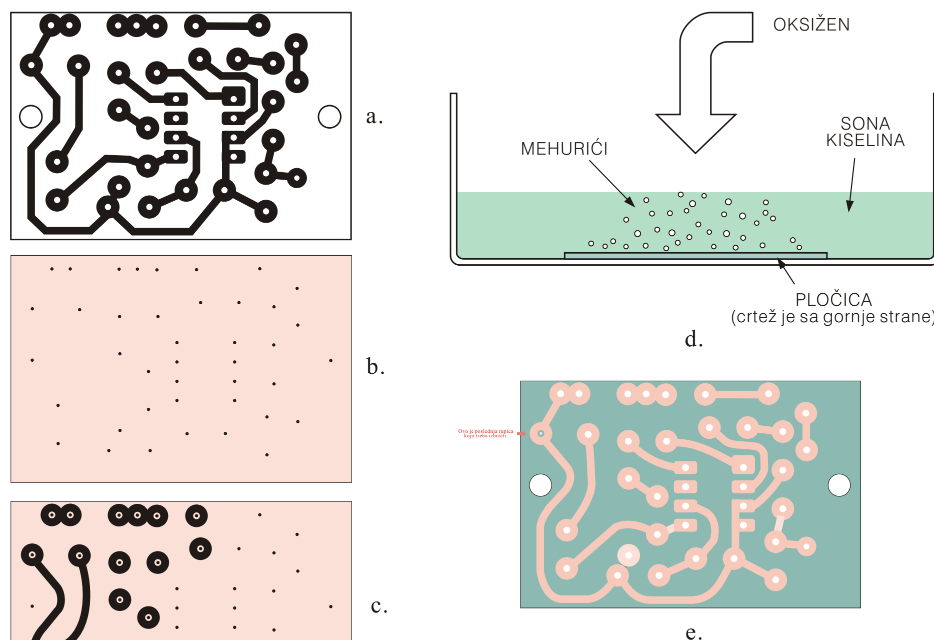
Slika 4.14. "Sečenje" pločice: a-ploča kaširanog pertinaksa, b-obeležavanje, c-lomljenje

b. Bakar mora da bude potpuno čist i sjajan, jer se samo u tom slučaju nagrizanje i, kasnije, lemljenje obavlja i brzo i lako i dobro. Ako vam se čini da je on već dovoljno čist, verovatno niste u pravu. Ploča je u radnji provela neko vreme i površina bakra je sigurno manje ili više korodirala. Čišćenje se najefikasnije obavlja pomoću nekog praškastog sredstva za čišćenje (VIM, Elektron i sl.) koje se u domaćinstvima koristi za čišćenje šporeta, sanitarija itd., ali savim dobri su i soda bikarbona, deterdžent za pranje rublja, pa i kuhinjska so i sl. Uzmite komad krpe, nakvasite je vodom pa dobro iscedite i zgužvajte je u oblik loptice. Lopticu zamočite u prašak i njime trljajte bakarnu površinu, dok ne "sine ko u gori sunce". Posle toga, pazite da bakarnu površinu ne dodirujete prstima, inače ćete je isprljati.

c. Pločicu, sa bakrom na gore, stavite ispod lista hartije na kome je nacrtano štampano kolo, tačno ispod crteža. U našem primeru to je crtež na slici 4.15-a. Pazeći da se pločica ne pomeri, vrhom šila se probode hartija kroz centre svih stopica i centre dve veće rupe. Pri tome, šilo se dobro pritisne, tako da na bakarnoj površini ostaju dobro uočljivi ubodi. Kad se sa ovim završi, pločica treba da izgleda kao na slici 4.14-b, na njoj treba da bude onoliko uboda koliko ima stopica, plus dva. Ako na crtežu ima mnogo stopica, pločica će se ipak pomeriti, i tada sve treba početi od samog početka. U takvim slučajevima sliku štampe treba kopirati, iseći je i, pomoću dva komada lepljive trake zalepiti je na pločicu.

d. Crtanje stopica i linija na pločici obavlja se pomoću flomastera otpornog na kiseline. On se prepoznaje po tome što miriše na alkohol, i prodaje se u knjižarama kao flomaster "za pisanje po staklu". Proverite ga, napišite (u knjižari, posle je kasno) nešto na

staklu, plastici i sl., sačekajte par sekundi, pa probajte da to obrišete vrhom prsta. Ako se ne skida - flomaster je OK. Ipak, ova proba nije 100% sigurna, mnogo je sigurnije ako flomaster kupite u prodavnici elektronskih komponenata. (Naravno, naglasite prodavcu da vam je potreban flomaster za crtanje štampanih kola). Vrhom flomastera, oko svakog uboda na pločici (osim ona dva za veće rupe), nacrtajte kružić prečnika između dva i tri milimetra. Flomasterom radite lagano, tako da sloj boje koja ostaje na pločici bude što deblji. Pazite da oko svakog uboda ostane malo ostrvo od bakra. Zatim, gledajući sliku 4.15-a, pažljivo i polako, nacrtajte i sve linije. One ne moraju da imaju potpuno isti oblik kao linije na slici 4.15-a, pogotovo ne moraju da budu onako "izlomljene". Debljina linija je oko jednog milimetra, ali ni to nije obavezno, mogu da budu i malo tanje i mnogo deblje (gde je to moguće). Bitna stvar je da se tokom crtanja ne spoje susedne stopice ili linije, odnosno da se ne ostvare spojevi i veze kojih na crtežu nema. Ako se to ipak desi, žiletom ili nekim malim oštrim odvrtačem odstružite viškove boje. Na slici 4.15-c je prikazan početak crtanja, nacrtano je nekoliko stopica i tri veze. Crtanje štampe je gotovo kada na bakarnoj foliji imate flomasterom nacrtan crtež koji je isti kao na slici 4.14-a.



Slika 4.15. Izrada tampane pločice: a-crtež, b-pločica sa ubodima šila, c-crtanje stopica i linija, d-nagrizanje u sonoj kiselini uz dodavanje oksižena, e- gotova pločica

e. Sledeći korak je nagrizanje, odnosno odstranjivanje sa pločice bakra koji nije pokriven bojom. Za to se koristi mešavina hlorovodonične kiseline (HCl), oksižena (H_2O_2 - vodonik peroksid) i vode (H_2O). Ne koristi se čista hlorovodonična kiselina već njen 35% rastvor koji se prodaje pod nazivom sona (ili solna) kiselina, a koristi se u domaćinstvima za čišćenje kada, lavaboa i sl. Vodonik peroksid se, pod imenom oksižen, prodaje u apotekama, parfimerijama i kozmetičkim radnjama. Prodaje se u koncentraciji od 30% (superoksid), ili manjim (8 - 12%).

Sona kiselina i oksižen su dosta agresivne tečnosti, naročito opasne za oči i sluzokožu, pa pri radu sa njima treba biti oprezan. Najbolje je da sa njima radite u kupatilu, ili nekom drugom mestu u neposrednoj blizini tekuće vode. Ako vam neka od ovih tečnosti kapne na ruku, neku metalnu alatku ili odevni predmet, odmah ih operite vodom.

Mešavina se pravi neposredno pre nagrizanja, a po završenom nagrizanju se OBAVEZNO baca. Na dno suda od plastike, stakla, porculana i sl. stavi se pločica sa bakrom na gore, i sipa sona kiselina tako da prekrije pločicu (sl. 4.15d). Zatim se u nju dodaje oksižen, koji se iz flaše sipa direktno iznad pločice. Količina oksižena koji se dodaje zavisi od njegove koncentracije, kao i od koncentracije kiseline. Znači, sipajte malo oksižena, podignite malo levi pa desni kraj posude, da se tečnosti izmešaju, i posmatrajte pločicu. Smeša je providna, i ako bakar posle desetak sekundi počne da menja boju, nagrizanje je počelo. Pri tome iz tečnosti izlaze mehurići kojih treba da bude malo više nego u čaši sveže kisele vode. Ako je mehurića malo, dolite još oksižena. Pri dolivanju, pazite da ne preterate, jer ako mehurića ima previše, tečnost će početi da se zagreva i može da uništi boju.S vremena na vreme, ušiljenim štapićem od drveta ili plastike, podignite jedan kraj pločice, tako da tečnost koja je bila na površini pločice sklizne, i na njeno mesto dođe nova tečnost.

Nagrizanje je završeno kada na pločici nema više bakra koji nije bio zaštićen bojom. Podignite štapićem jedan kraj pločice, sačekajte da se tečnost ocedi, uhvatite pločicu štipaljkom za veš i dobro je operite u tekućoj vodi. Boja se skida trljanjem, pomoću već pominjane loptice od vlažne krpe zamočene u neki prašak. Na pločici će se pojaviti bakarne stopice i linije.

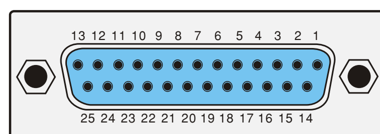
e. Ako ste pri crtanju vodili računa da u centru svake stopice ostane ostrvce nepokriveno bojom, posle nagrizanja u centru svake stopice će biti malo udubljenje. Kroz ta

udubljenja, koja "vode" burgiju, treba izbušiti rupice. Za otpornike, kondenzatore, tranzistore malih snaga i sl. prečnik rupica je 1 mm. (Bolje je ako su rupice prečnika 0,8 mm, ali se burgije ovog prečnika teže nabavljaju, a mnogo lakše lome). Za trimer potenciometre, prečnik je oko 1 mm, a za ostale komponente po potrebi. Dve rupe kroz koje prolaze zavrtnji kojima se pločica fiksira na svoje mesto u kutiji su obično prečnika oko 3 mm.

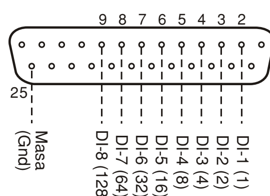
Pri bušenju rupa, ispod pločice treba svakako podmetnuti komad deblje šper ploče ili komad ravne daske od nekog tvrdog drveta (bukovina, hrastovina), a ne komad stiropora ili nešto slično. Ne pritiskajte bušilicu suviše jako, jer će burgija na drugoj strani pločice da odvaljuje male komade.

4.6. Upravljanje radio-predajnikom pomoću kompjutera

Upravljanje predajnikom pomoću kompjutera može da se ostvari pomoću neke ulazno/izlazne (I/O) kartice. Postoji i jednostavnije rešenje kod koga se povezivanje sa kompjuterom se ostvaruje preko paralelnog porta, preko koga se na kompjuter priključuje štampač. Naravno, u odnosu na I/O karticu ovo rešenje je sa mnogo skromnijim mogućnostima ali je mnogo jednostavnije i lako se realizuje. Paralelni port je 25-o pinski ženski konektor čije je puno ime Sub D-25, koji je prikazan na slici 4.16. Pomoću odgovarajućeg programa, na izlaze obeležene sa DI-1, DI-2 . . . DI-8, koji postoje na nožicama koje su obeležene brojevima 2, 3, . . . 9, mogu da se šalju logičke jedinice (naponi od +3,6 V) ili logičke nule (naponi od 0V). Električni uređaji čijim se radom upravlja, priključuju se preko interfejs kola na izlaze prema slici 4.17. Na ovoj slici su prikazna dva električna uređaja, njihov

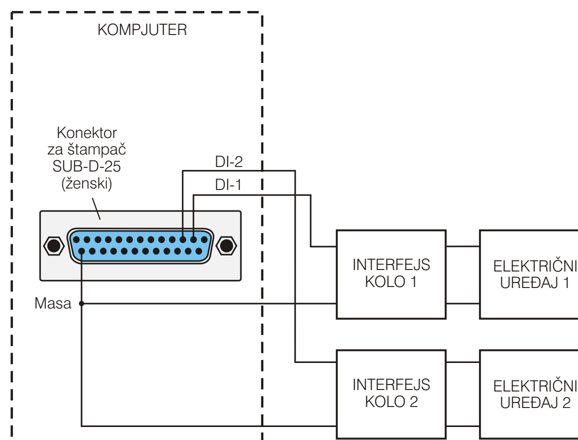


a - Konektor Sub-D-25
na zadnjoj strani kompjutera,
ženski, posmatran spreda



b - Simbol konektora Sub-D-25

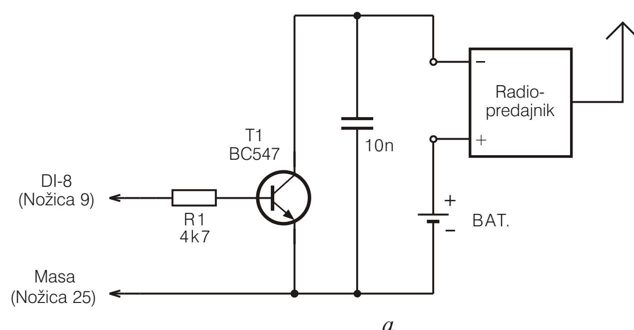
Slika 4.16. Paralelni port



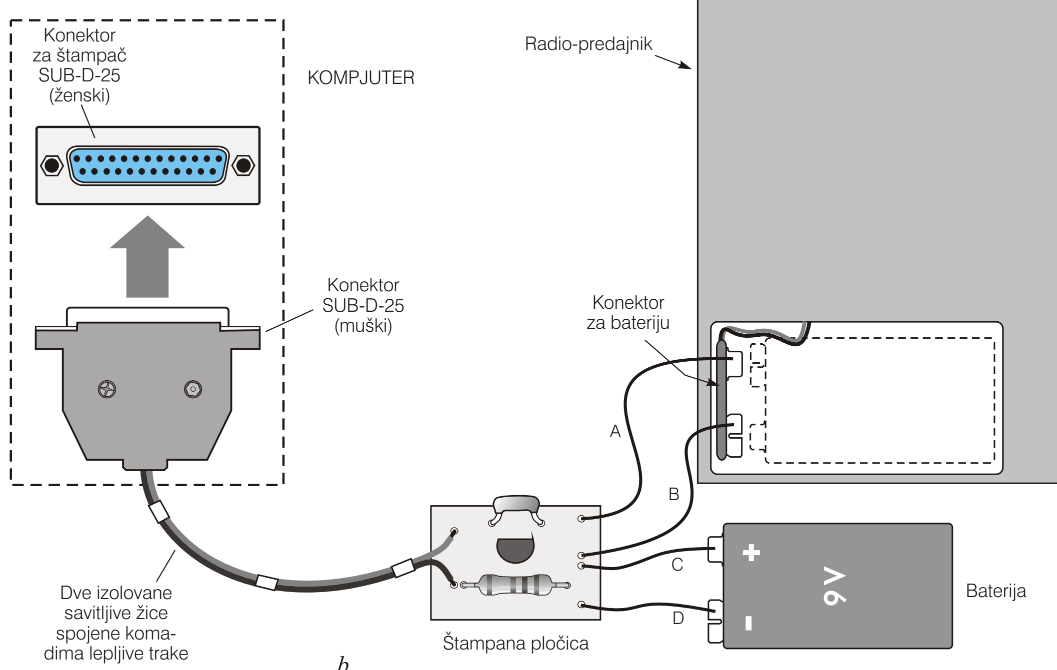
Slika 4.17. Priključivanje električnih uređaja na paralelni port

maksimalan broj je osam. Naponima sa izlaza, uz odgovarajuća interfejs kola i odgovarajući program, može da se uključuje i isključuje predajnik, da se menjaju izvori NF signala kojima se vrši modulacija, menja snaga predajnika, menja učestanost, itd.

Kao veoma jednostavan primer, na slici 4.18-a je električna šema jednog izuzetno jednostavnog interfejs kola, preko koga može da se na kompjuter priključi radio-predajnik koji se, pomoću odgovarajućeg programa, uključuje odnosno isključuje u određeno vreme. Tranzistor male snage BC547 može da se koristi za potrošače koji iz baterije vuku struju koja nije veća od 100 mA. U slučaju snažnijih potrošača, umesto BC547 može da se koristi neki snažniji tranzistor ili dva tranzistora u Darlingronovom spoju. Baza tranzistora je, preko otpornika R1, priključena na nožicu broj 9 muškog Sub-D-25 konektora, dok su emiter i



a.



Slika 4.18. Priključivanje radio-predajnika na paralelni port: a - električna šema interfejs kola, b - povezivanje kompjutera, interfejs kola, predajnika i baterije

negativan kraj baterije spojeni sa nožicom broj 25, odnosno sa masom kompjutera. Dok je na izlazu DI-8 logička nula, napon na bazi je jednak nuli, pa je tranzistor zakočen i kroz njega, a time i kroz predajnik, ne teče struja. Kada se na izlazu DI-8 pojavi logička jedinica, tranzistor odlazi u zasićenje, napon između kolektora i emitera postaje vrlo mali (praktično ovaj napon postaje jednak nuli), i tranzistor se ponaša kao da mu je kolektor spojen sa emiterom. Na taj način se ostvaruje da se skoro ceo napon baterije pojavljuje na predajniku.

Na slici 4.18-b je prikazano priključivanje malog radio-predajnika koji se napaja iz baterije od 9 V, na paralelni port, preko interfejsa sa slike 4.18-a. Komadima žice A i B pločica je povezana sa priključnim klemama, a komadima C i D sa izvađenom baterijom.

Program pisan u Basic-u, namenjen onima koji žele da se predajnik uključi u sedam sati ujutro, emituje petnaest minuta i zatim se isključi izgleda ovako:

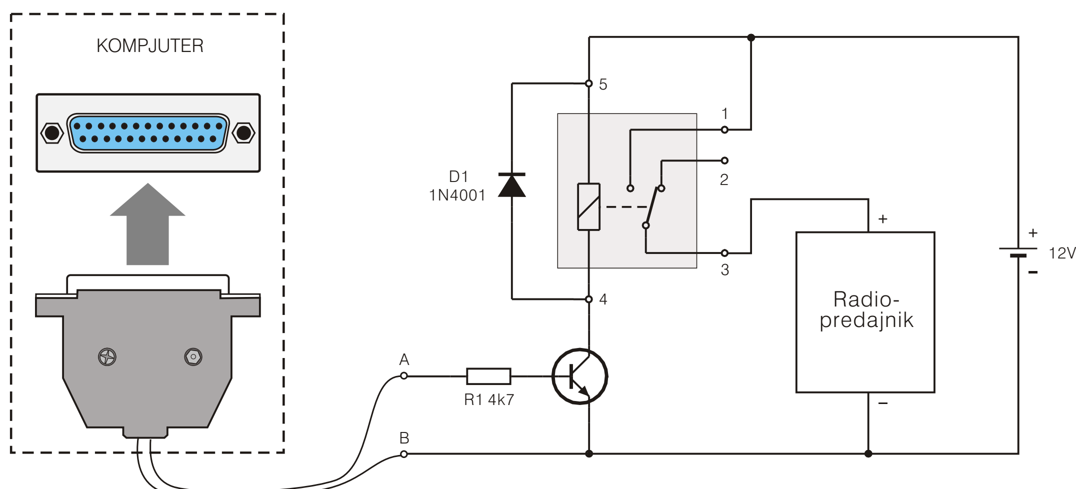
```
REM Uklјucivanje/iskljucivanje
10 DO
20 LOOP UNTIL TIME$="07:00:00"
OUT &H378, 128
40 SLEEP 900
50 OUT &H378, 0
60 STOP
```

Ja bih više voleo da u liniji 20 piše:
LOOP UNTIL TIME$="10:00:00"



Povežite predajnik i interfejs prema slici 4.18-b, spojite privremeno kolektor i emiter tranzistora vrhom odvrtke, i proverite da li je sve spremno za početak emitovanja. Sklonite odvrtku, startujte program i idite na spavanje. U sedam sati predajnik će da se uključi, emitovaće petnaest minuta i zatim će da se isključi. To se ostvaruje na način koji je detaljno objašnjen u časopisu *Praktična* Elektronika 7/8.

* U mnogim slučajevima upravljanje pomoću kompjutera je jednostavnije ako se kao interfejs koristi kolo sa releom koje, na najsigurniji način, razdvaja potrošač i kompjuter i tako sprečava oštećenja. To se ostvaruje tako što se na slici 4.18-a namotaj relea uključi umesto radio-predajnika, a predajnik se uključuje i isključuje preko kontakta relea. Takvo



Slika 4.19. Priključivanje radio-predajnika na paralelni port preko relea

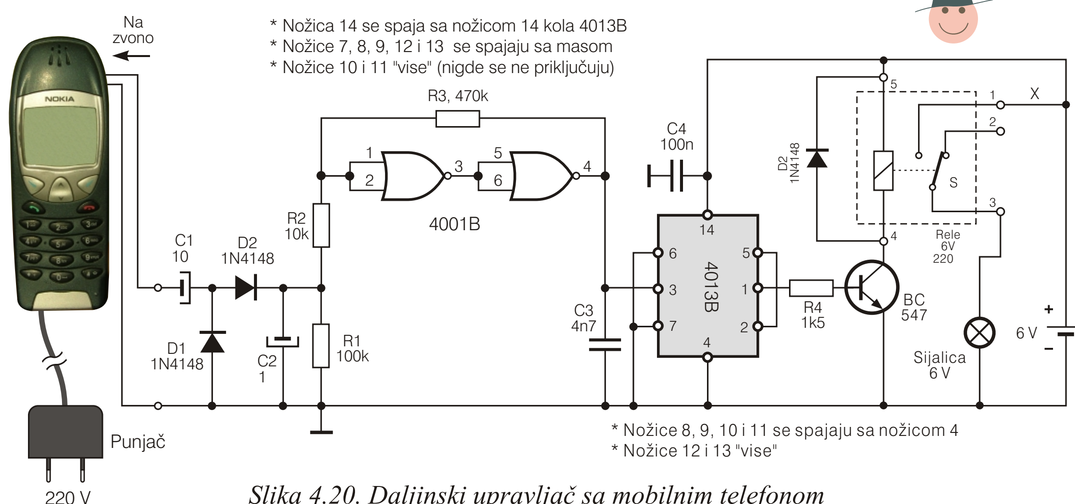
jedno rešenje je prikazano na slici 4.19. Kada se između tačaka A i B pojavi logička jedinica (+5V) iz kompjutera, tranzistor ode u zasićenje i kroz namotaj relea teče struja. Kotva biva privučena, ostvaruje se veza 1-3, predajnik dobija napajanje i počinje sa emisijom. Umesto za uključenje/isključenje rele može da se koristi i za drugačije vrste upravljanja: smanjenje/povećanje snage, uključenje/isključenje modulacije i sl.

* Program može da bude napisan i u nekom drugom programskom jeziku u kome postoji naredba za slanje podataka na paralelni port. U najprostijem slučaju, šest izlaza na portu omogućuju upravljanje šest funkcija predajnika. Kombinovanjem izlaza i upotrebom dodatne logike, moguće je ostvariti 255 upravljačkih komandi.

4.7. Mobilni telefon

Novi modeli mobilnih telefona se pojavljuju maltene svakodnevno i tako će biti sve dok postoje kupci željni novih stvari i spremnih i sposobnih da ih kupe. Zbog toga mobilni telefoni, mada potpuno ispravni, vrlo brzo, brže od svih drugih tehničkih proizvoda, odlaze u "staro gvožđe" i mogu da se kupe po izuzetno niskoj ceni. U mobilnom telefonu postoje i radio-predajnik i radio-prijemnik, pa se postavlja pitanje šta sa njime mogu da urade radio-amateri. Tu ima dosta posla za poznavaoce softvera, ali i za klasične ljubitelje elektrotehnike. U tekstu koji sledi biće reči o tome kako mobilni telefon može da se iskoristi za daljinsko upravljanje.

Električna šema uređaja pomoću koga može da se preko telefona uključi ili isključi bilo kakav električni uređaj koji se napaja iz baterije ili ispravljača napona 6 V je data na slici 4.20. Pri eksperimentisanju, najbolje je da taj uređaj bude sijalica. Električni signal sa zvona mobilnog telefona se vodi na tzv. diodnu pumpu. To je, u suštini, diodni detektor u udvostručavajućem spoju koji obrazuju diode D1 i D2, kondenzatori C1 i C2 i otpornik R1. Struja diode D1 puni kondenzator C1 i jednosmerni napon na njemu raste. Ovaj napon se, preko R2, vodi na ulaz Šmitovog okidnog kola, koje čine dva NILI kola i R3. Kada taj napon postane veći od 3,5 V, na izlazu Šmitovog kola (nožica 4 drugog NILI kola) se dobija napon od +5 V. Ovaj napon se vodi na nožicu 3 kola 4013B. U ovom kolu se nalaze dva D bistabilna flip-flopa. Koristi se samo jedan koji je povezan kao T (Toggle) flip-flop. Kada se na njegovom ulazu (nožica 3) pojavi +5 V i na izlazu (nožica 1) se pojavi +5 V. Ovaj izlazni napon ostaje +5 V i kada se ulazni napon smanji na nulu. On će da se smanji na nulu tek kada se na ulazu, posle prekida, ponovo pojavi +5V, a to znači kada mobilni telefon bude pozvan ponovo. Pod dejstvom napona na nožici 1 tranzistor odlazi u zasićenje (ponaša se kao zatvoren prekidač), kotva



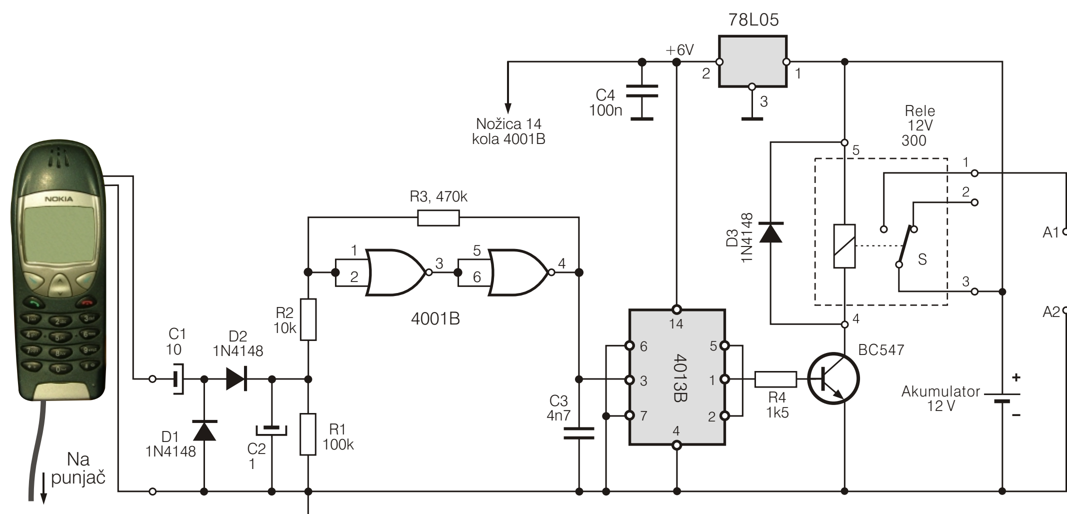
Slika 4.20. Daljinski upravljač sa mobilnim telefonom

relea biva privučena i sijalica svetli. Kada, kasnije, ponovo pozovete telefon na slici, na ulazu 3 kola 4013B će se ponovo pojaviti +5 V, a to će izazvati da se napon na nožici 3 smanji na nulu i sijalica će da se ugasi. Okidni napon koji se dobija pomoću diodne pumpe je približno jednak naponu baterije u mobilnom telefonu, što je u slučaju telefona na slici 5.24 bilo 3,5 V. Ako se na slici 4.20 koristi baterija čiji je napon veći od 6 V, on mora da se smanji pomoću stabilizatora napona, kao što je učinjeno na slici 4.21.

Za pouzdan rad kola 4001B i 4013B neophodno je da okidni napon na njihovim ulazima poraste na veličinu koja je jednaka ili veća od $0{,}7U_{Bat}$, gde je U_{Bat} napon napajanja.

Tranzistor na slici 4.20 može da bude bilo koji NPN tranzistor čija je maksimalna dozvoljena kolektorska struja jednaka ili veća od struje koja teče kroz namotaj relea.

Na slici 4.21 je prikazana šema uređaja za daljinsko bežično uključivanje i isključi-

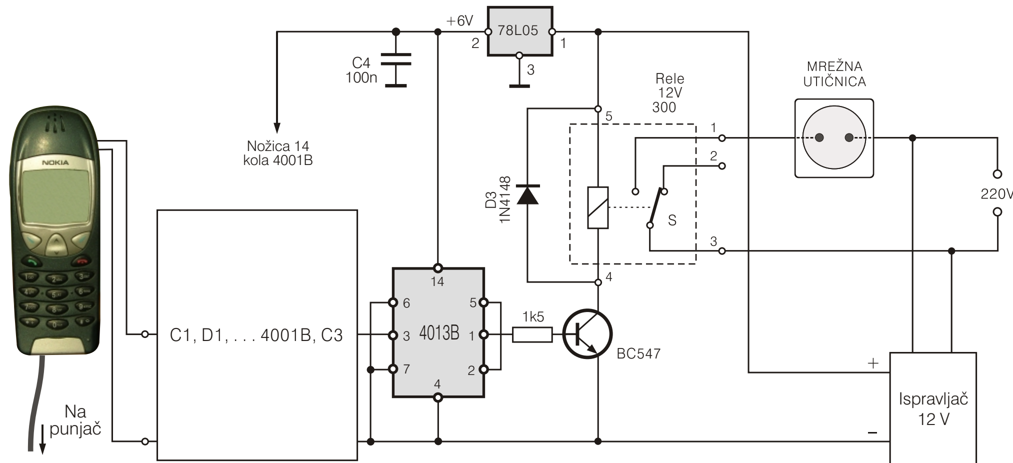


Slika 4.21. Daljinsko upravljanje uređajem koji se napaja iz baterije napona 12 V

vanje alarmnog uređaja koji se napaja iz akumulatora od 12 V. Alarm se priključuje između tačaka A1 i A2. Kada vlasnik objekta u koji je ugrađen alarm, zatvori sve prozore i vrata (na čije otvaranje alarm reaguje) i zaključa spoljna vrata, on pozove svojim mobilnim telefonom mobilni telefon na slici. Kotva se, iz položaja na slici, prebaci u suprotni položaj, ostvari se spoj između priključaka relea 3 i 1 i alarm je spreman da reaguje. Kasnije, recimo sutradan, ako je u pitanju neka prodavnica, vlasnik prvo pozove mobilni na slici. Kotva se vrati u položaj kao na slici, alarm se isključi i vlasnik može da otključa vrata, otvori prozore i slično.

Struja uređaja sa slike 4.21 kada tranzistor provodi struju je oko 40 mA. To ne predstavlja skoro nikakvo opterećenje za akumulator kapaciteta akumulatora za automobile. Ali ako se koristi akumulator znatno manjeg kapaciteta, to može da bude problem. Ušteda može da se ostvari ako se zna da li je tokom određenog perioda vremena uređaj kojim se upravlja duže uključen ili isključen. Ako je duže uključen nego isključen, treba koristiti priključke relea 2 i 3 jer su oni spojeni kada tranzistor ne provodi struju. Ako je uređaj duže vremena isključen nego uključen treba koristiti priključke 1 i 3 jer između njih nema spoja kad tranzistor ne provodi struju.

Problema sa potrošnjom nema ako se koristi ispravljač, kao na slici 4.22. Ako se mrežna utičnica i veze sa priključcima relea (1,2 i 3) izostave, preklopnik S u releu može da se koristi za bilo kakva uključivanja/isključivanja. Šema na slici omogućuje daljinsko upravljanje snažnim električnim uređajima (grejalica, klima uređaj i sl.) koji se priključuju na mrežnu utičnicu na slici.



Slika 4.22, Daljinsko upravljanje uređajem koji se napaja iz električne mreže

Kao što je već rečeno, na ulaz kola, između levog kraja C1 i mase, dovodi se signal sa zvona u mobilnom telefonu. Ali, pronalaženje zvona u mobilnom telefonu nije sasvim lako, kao što je bilo nekada u starinskim fiksnim telefonima. Kao pomoć može da vam posluži slika 4.23 na kojoj je prikazana rasklopljena NOKIA. Prvo se skine zadnji poklopac u koji je ugrađena baterija. Zatim se izvadi kartica, odvrnu četiri zavrtnja i skine zadnja strana. Posle toga se odvrne još jedan zavrtanj i skine antena. Ovaj zavrtanj je obeležen brojem 1, a mesto u koje je bio uvrnut brojem 2. Kada se izvadi štampana ploča i okrene s leva u desno dobija se slika D i C. Zvono je u plastičnom kućištu iz koga izlaze dve male oprug, koje se vide u desnom delu slike zvona. Kada se štampana ploča okrene s desna u levo i stavi na sliku C, opruge dodirnu pozlaćene kružiće Z1 i Z2 čime se zvono spoji sa štampanom pločicom. Na ove kružiće se zaleme krajevi dve tanke licnaste žice u PVC izolaciji. Ove žice se provuku kroz otvor koji se na ivici prednje strane napravi pomoću male okrugle turpije. Zvono, pošto nije potrebno, može da se izvadi, ali tada telefon ne može da se koristi za razgovor jer se zvono koristi i kao mikrofon.



Slika 4.23. Otvorena NOKIA

U telefonu na prethodnim slikama treba odabrati melodiju koja ima konstantnu amplitudu i da dugo traje (da nije isprekidana). U korišćenoj Nokiji to je bila melodija pod imenom *Brave Scotland*. Jačinu treba podesiti na maksimum. Pri pozivanju treba biti pažljiv i vezu prekinuti odmah posle prvog zvonjenja.

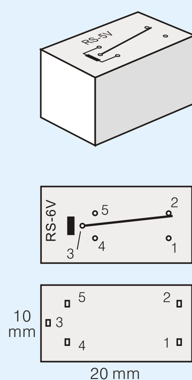
* Ako je u telefonu lako dostupna sijalica kojom se osvetljava ekran i ako se na njoj pojavljuje celokupan napon baterije, onda ovaj napon može da se kroristi za okidanje uređaja. Njega treba preko dve žice sa sijalice dovesti na otpornik R1. Pri tome teba voditi računa da pozitivan kraj bude spojen sa gornjim krajem R1, a negativan sa masom. C1, D1, D2 i C2 treba izostaviti. Telefon može da zvoni više puta i da koristi bilo koju melodiju.

Pri zvonjenju, na otporniku R1 se dobija jednosmerni napon koji je nešto malo manji od napona baterije. U Nokiji koja je korišćena u prethodnim projektima koristi se baterija čiji je napon 3,6 V, pa je toliko i napon na otporniku R1. Ali, u drugim mobilnim telefonima koriste se baterije većeg ili manjeg napona, o čemu mora da se vodi računa. Okidni napon na nožicama 1 i 2 kola 4001B i nožici 3 kola 4013B ne sme da bude manji od $0{,}7\cdot U_{Bat}$ ni veći od U_{Bat}, gde je U_{Bat} jednosmerni napon napajanja ovih kola, tj. jednosmerni napon na njihovim nožicama 14. To, na primer, znači da ako je U_{Bat}=4,5 V, pozitivan napon na otporniku R1 treba da je veći od 3,15 V, ali ne i veći od 4,5 V.

Ako se koristi telefon sa baterijom napona većeg od 3,6 V, problem se rešava tako što se jačina zvonjave smanji i podesi tako da je napon na R1 jednak $0{,}7\cdot U_{Bat}$.

Ako je napon baterije manji od 3,6 V, treba smanjiti U_{Bat}. To se ostvaruje upotrebom odgovarajućeg stabilizatora napona, kao što je urađeno na slici 4.21.

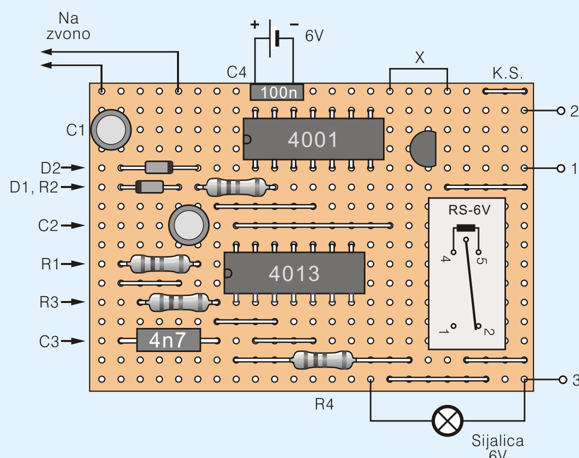
RELE

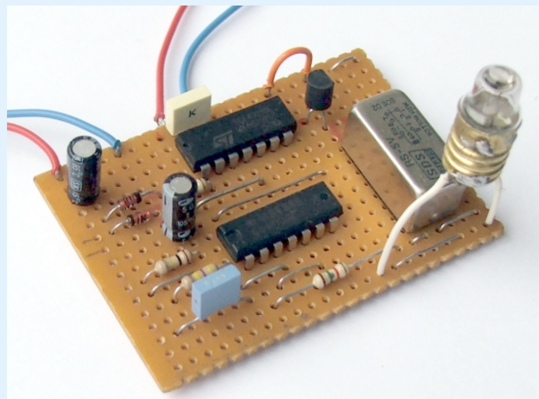


Slika A. Rele

U uređaju može da se koristi rele sa namotajem (elektromagnetom) za bilo koji napon: 5 V, 6 V, 12 V, 24 V. Naravno, napon baterije treba da je jednak naponu relea. Otpornost namotaja nije od velikog značaja. Ona je obično par stotina oma. Ako može da se bira, treba koristiti rele sa najvećom otpornošću jer je tada manja struja.

U prototipu sa slike 4.20 korišćen je rele sa slike A. On se nalazi u plastičnom kućištu čije su dimenzije (u milimetrima): 2x10x10. Na njegovom gornjem delu je nacrtana slika sa rasporedom nožica. To je pogled odozdo, na donju stranu na kojoj se nalaze nožice. Ako ova slika ne postoji, raspored nožica se lako pronalazi pomoću om-metra.





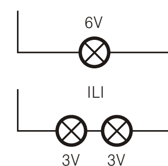
Slika 4.24 Uređaj sa slike 5.24 realizovan na univerzalnoj štampanoj pločici: gore - crtež, dole - fotografija

PRAKTIČNA REALIZACIJA

Na slici 4.24 je prikazan jedan od načina praktične realizacije uređaja sa slike 4.20. Iskorišćena je univerzalna štampana pločica, kao što je detaljno objašnjeno u PE2 (Praktična realizacija elektronskih uređaja), u tekstu u vezi sa slikom 2.14.

Kada se ukloni kratkospojnik obeležen sa X, sva tri kontakta relea (1, 2 i 3) su potpuno slobodna i mogu da se iskoriste za bilo kakva uključivanja i isključivanja.

Umesto sijalice od 6V, koja se teže nabavlja, mogu da se koriste dve redno vezane sijalice od 3V.





4.8. Bežično upravljanje

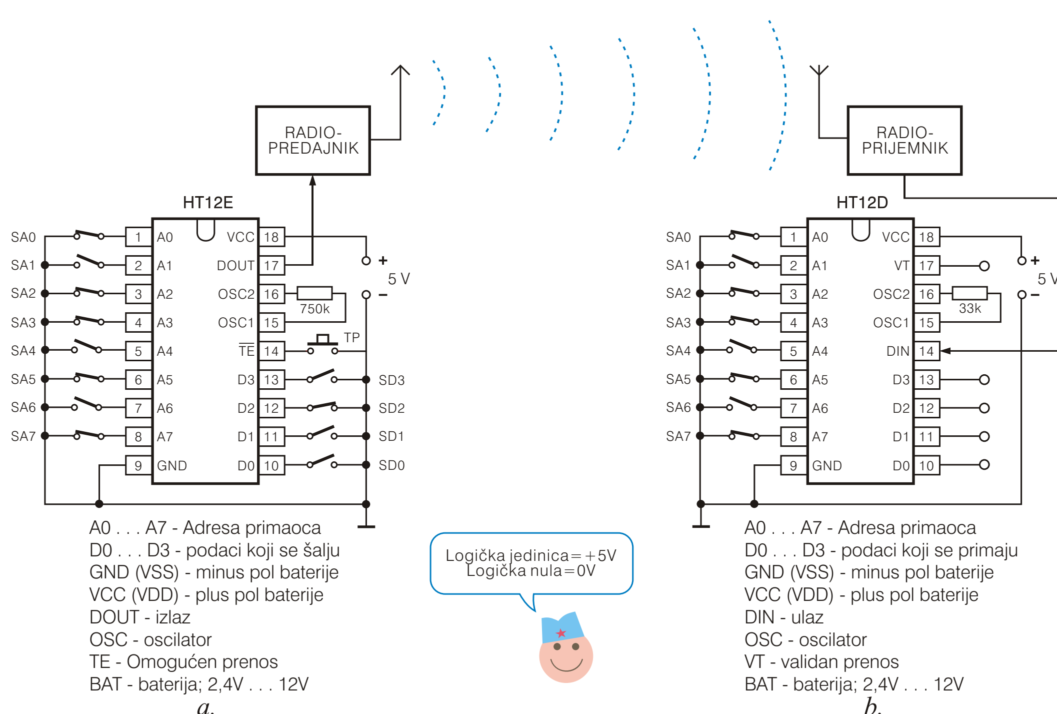
Bežično (pomoću radija) upravljanje opisano u prethodnom projektu je odlično kada su u pitanju vrlo velike razdaljine između mesta na kome se nalazi onaj koji upravlja i mesta na kome je uređaj kojim se upravlja. Tako, na primer, pomoću uređaja sa slike 4.22 možete, dok ste na letovanju, da u večernjim časovima s vremena na vreme uključujete i isključujete stonu lampu, televizor, radio ili nešto slično, što bi trebalo da odvrati provalnike, koji u letnjim mesecima posmatraju stanove, tražeći onaj u kome se ništa ne događa jer u njima nema nikoga. Sličnu stvar možete da radite i sa uređajima u vikendici, udaljenoj garaži itd. Osnovni nedostatak ove vrste upravljanja, koji u navednim i sličnim primerima ne dolazi do izražaja, je prilično veliko vreme uspostavljanja veze između telefona, kao i nemogućnost da se, na relativno jednostavan način, ostvari složeniji prenos podataka. U tekstu koji sledi biće opisan bežični prenos podataka na malu daljinu koji omogućuje mnogo složenija i praktično trenutna upravljanja na daljinu, koji se koriste u raznim alarmnim uređajima (protiv provale, dima, požara itd.), za otvaranje vrata garaže, uključivanje/isključivanje alarmnih i sličnih sistema, različitih uređaja itd.

Na slici 4.25-a je uređaj na mestu sa koga se upravlja, a na slici 4.25-b uređaj na mestu na kome je i uređaj kojim se upravlja. HT12E je koder, a HT12D dekoder.

Sa A0...A7 su obeleženi pinovi (nožice) na koje se upisuje adresa primaoca podataka. Kada su prekidači zatvoreni, na ovim pinovima je logička nula (0V), a kada su prekidači otvoreni na njima je logička jedinica (napon jednak naponu baterije, u našem slučaju +5V). Adrese kodera i dekodera moraju da budu iste. To znači da oni prekidači (SA0...SA7) koji su zatvoreni na slici 4.25-a moraju da budu zatvoreni i na slici 4.25-b. Isto važi i za otvorene prekidače, oni koji su otvoreni na slici na slici 5.28-a moraju da budu otvoreni i na slici 5.28-b. Sa prekidačima u položajima kao na slici obe adrese su 01001010.

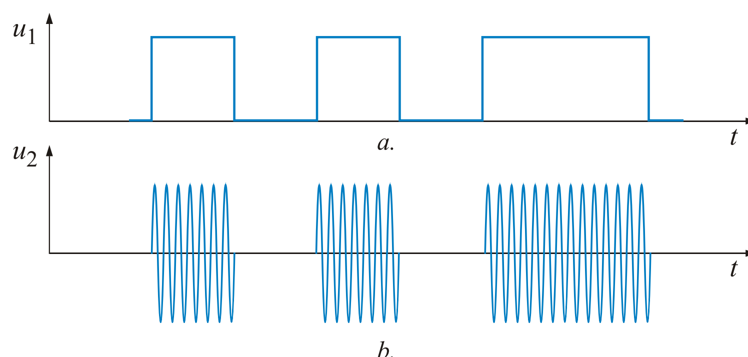
Sa D0...D3 su obeležene nožice na koje se dovode podaci koji se prenose. Ako je prekidač otvoren na nožici je logička jedinica (1), a ako je zatvoren logička nula (0). (Sa prekidačima SD0...SD3 kao na slici 4.25-a podatak koji se prenosni je binarna reč 1101.)

Sa TP je obeležen taster prekidač: kada se pritisne ostvaruje se veza između pina 14 i mase čime se na ovu nožicu dovodi logička nula. Kada se prekidač otpusti, na nožici 14 je logička jedinica (+5V). Pri otpuštenom prekidaču koder i radio-predajnik vuku izuzetno malu struju, što obezbeđuje vrlo dug vek baterije. Prenos se ostvaruje i traje dok je taster prekidač pritisnut. Kad se otpusti, prenos prestaje. Kad se pritisne taster, u kolu HT12E počinje proces skeniranja i prenošenja, jedno za drugim, stanja na nožicama A0, A1...A7, D0...D3 na nožicu 17 (DOUT - izlaz podataka). Naponom sa nožice 14 se vrši amplitudska



Slika 4.25. Bežični prenos podataka.

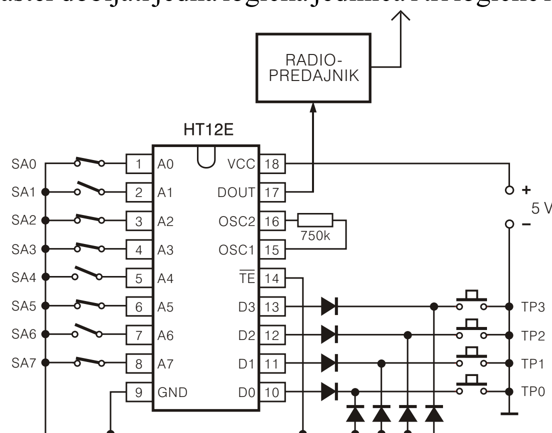
modulacija nosećeg signala radio-predajnika. Kada na nožici 17 postoji napon, na izlazu predajnika je sinusoidalan napon konstantne amplitude, učestanosti 418 MHz. Kada je napon na nožici 17 jednak nuli, nema napona na izlazu predajnika. (Kao što se vidi, to je modulacija sa ukidanjem nosioca, koja se od samog početka radiotehnike koristi u CW telegrafiji.) Za slučaj da napon na nožici 17 ima oblik kao na slici 4.26-a, napon na izlazu predajnika ima oblik kao na slici 4.26-b.



Slika 4.26. a-napon na nožici 17 kodera, b-napon na izlazu predajnika

Na mestu prijema, signal iz radio-prijemnika se vodi na nožicu 14 (DIN - ulaz podataka) dekodera HT12D. Ako se adrese kodera i dekodera slažu, na izlazima D0...D3 se pojavljuju stanja sa nožica 10, 11, 12 i 13 kola HT12E. U našem primeru, u dekoderu na nožicama D0, D1 i D3 biće +5V (u odnosu na masu), a na nožici D2 biće 0V.

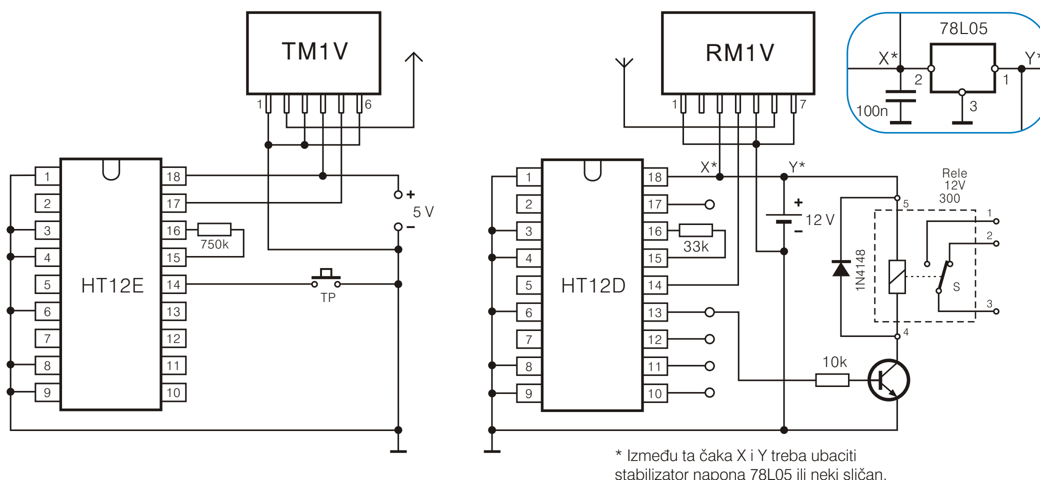
Na slici 4.27 je šema koja omogućuje prefinjenije bežično komandovanje. Dok ni jedan od taster prekidača TP0...TP3 nije pritisnut, na nožici 14 je logička jedinica pa su i koder i predajnik u uspavanom stanju (sleep mode) i potrošnja struje baterije je svedena na minimum (svega nekoliko mikroampera). Logičke jedinice su i na nožicama 10, 11, 12 i 13. Pritiskom na jedan od tastera, aktivira se prenos. Pri tome, sa nožice sa kojom je taster povezan odlazi logička nula a sa ostale tri logičke jedinice. Ako se na mestu prijema izlazi dekodera vode na četiri posebna invertora, na izlazima invertora će se pri pritisku na jedan taster dobijati jedna logička jedinica i tri logičke nule.



Slika 4.27. Koder sa tastaturom

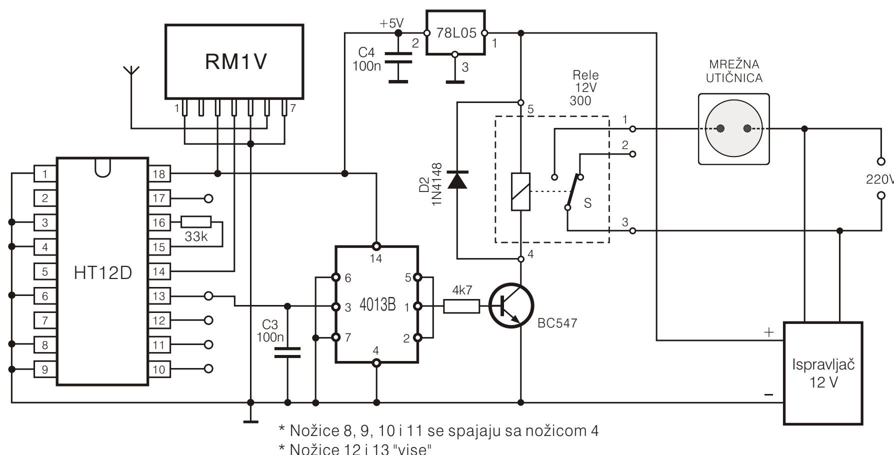
Pažnja!
Pomoću radio-prijemnika i radio-predajnika koji se koriste u ovom projektu moguć je prenos samo digitalnih signala (nula i jedinica), ne i analognih signala.

Pravljenje adresa pomoću mikro prekidača, kao na slikama 4.25 i 4.27, se koristi pri masovnoj proizvodnji, a izbor i pravljenje adresa se prepušta korisnicima. Kada se prijemni i predajni uređaj prave za unapred poznatu primenu i adresu prekidači mogu da se izostave. U tom slučaju se potrebne veze ostvaruju na štampanom kolu. Tako je urađeno u primeru na slici 4.28. Dok je taster TP pritisnut vrši se prenos četiri logičke jedinice sa nožica 10, 11, 12 i 13. Na prijemnoj strani koristi se samo logička jedinica sa izlaza 13. Znači dok je taster pritisnut kroz namotaj relea teče struja, preklopnik S je u levom položaju i ostvarena je veza između kontakata 1 i 3. Kad se taster otpusti, preklopnik S se vraća u položaj kao na slici. Na kontakte se priključuje uređaj koji treba da se uključi/isključi.



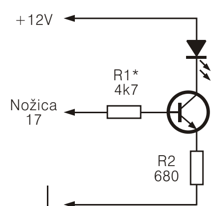
Slika 4.28. Bežično upravljanje releom

Napon od +5V (logička jedinica) na nožici 13 (između nje i mase) dekodera na slici 4.28 postoji samo dok je taster TP u koderu pritisnut. To je u redu za neke primene. Međutim, češći je slučaj da mi želimo da neki uređaj, bilo preko relea bilo direktno, kratkim pritiskom na TP uključimo i da ga, kasnije, po isteku nekog vremena, isključimo. U tom slučaju treba koristiti *Toglle flip-flop* (*Latch* kolo), kao na slici 4.29, na kojoj je to kolo izvedeno sa već pominjanim integrisanim kolom 4013B. Na predajnoj strani se koristi predajni deo sa slike 4.28. Kada se na nožicu 3 kola 4013B dovede logička jedinica, na izlazu (na nožici 1) će se takođe pojaviti logička jedinica. Ona ostaje na izlazu i kada se izgubi ona na ulazu. Usled toga, preklopnik S u releu će trajno biti u levom položaju, tako da je ostvarena veza između priključaka 1 i 3. Time je na mrežnu priključnicu doveden mrežni napon od 220 V i uređaj koji je priključen na utičnicu (sijalica, grejalica, klima uređaj itd.) je uključen. Biće isključen tek kada se ponovo pritisne taster TP na slici 5.31.



Slika 4.29. Bežično upravljanje releom

* Ako je prenos podataka uspešno obavljen, na nožici 17 dekodera HT12D se pojavljuje logička jedinica. Ovaj napon se koristi za paljenje LED diode na slici 4.30. Veličina otpornosti otpornika zavisi od vrste diode i napona baterije. Optimalne vrednosti se lako nalaze eksperimentom. Treba probati sa vrednostima kao na slici. Ako se dioda uopšte ne pali, treba smanjivati otpornost R1 dok se ne upali. Posle toga treba menjati otpornost R2 dok se ne ostvari jačina svetlosti koja vam najviše odgovara.

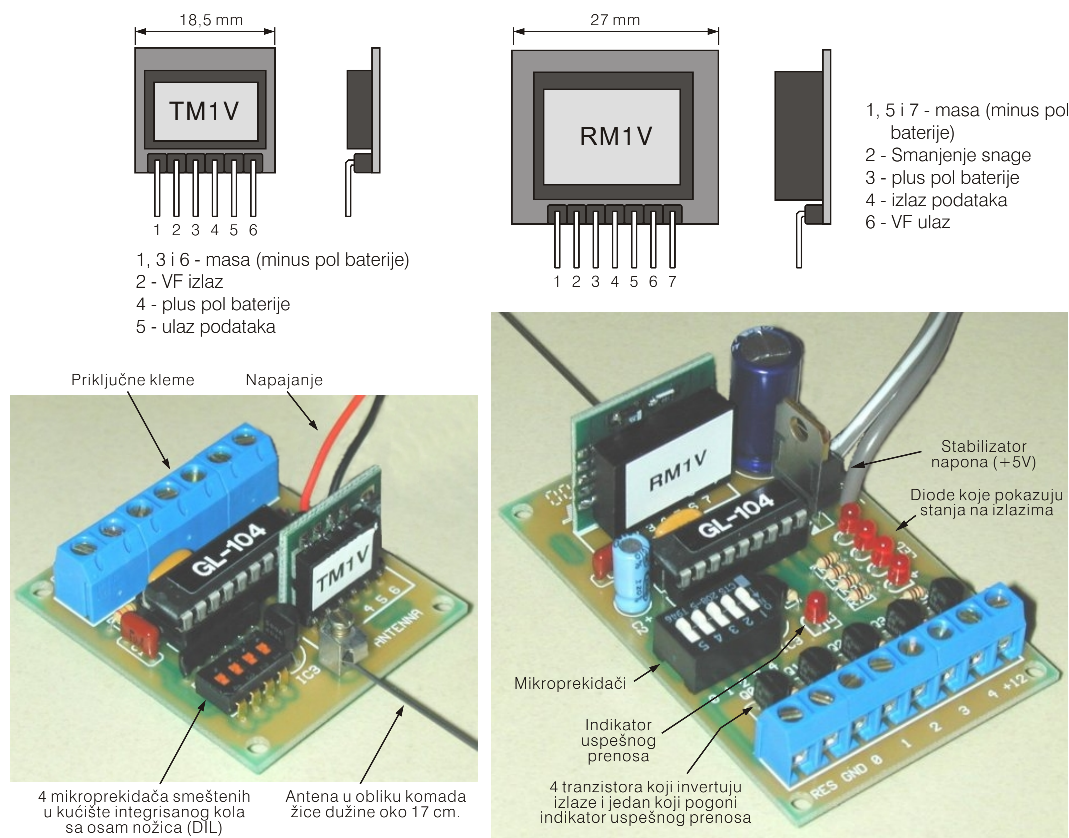


Slika 4.30. Optička indikacija uspešnosti prenosa

Kada se koristi više parova uređaja, svi radio-predajnici i svi radio-prijemnici rade na istoj učestanosti, na 418 MHz. Istovremeni rad je moguć zahvaljujući adresiranju. Na neki prijemnik mogu da stignu signali iz više predajnika ali će on reagovati samo na signal predajnika sa kojim ima istu adresu. Kola HT12E i HT12D imaju adrese od po osam bitova (nula i jedinica) pa je moguće napraviti 2^8 (256) različitih adresa. Postoji mogućnost da se kao adresni pinovi koriste i pinovi D0...D3, tada je broj različitih adresa 4096.

4.8.1. Radio-predajnik i radio-prijemnik

U opisanim uređajima se koriste fabrički izrađeni radio-predajnik i radio-prijemnik koji rade na učestanosti 418 MHz. Njih proizvodi veći broj kompanija, u prehodnim primerima to su TM1V i RM1V firme GLOLAB. Njihov izled, dimenzije i raspored nožica su dati na gornjem delu slike 4.31. O njihovim karakteristikama možete da se informišete na sajtu http://www.glolab.com.



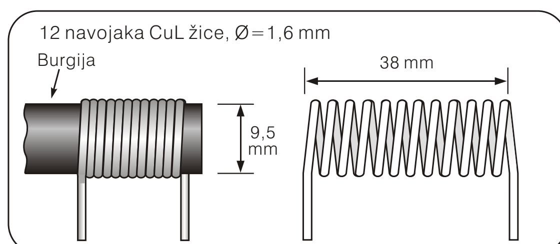
Slika 4.31. gore-dimenzije i raspored nožica radio-predajnik TM1V i radio-prijemnika RM1V, dole-fotografije predajnika i prijemnika za bežični prenos podataka

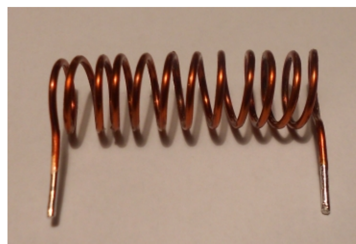
U donjem delu slike 4.31 su fotografije kompletenih uređaja za bežični prenos podataka koje u obliku kita prodaje GLOLAB. Kolo GL-104 radi kao koder kad mu se nožice 7 i 8 spoje sa +5V, a kao dekoder kada se nožica 7 spoji sa masom. U ovom drugom slučaju nožica 8 je jedan od izlaza.

Emisiona i prijemna antena su u obliku komada neke čvrste žice (recimo od točka bicikla i sl.) dužine oko 17 cm. Dobro je ako se, iz razloga bezbednosti rukovaoca, na vrh žice uglavi neka plastična kuglica. Sa takvom antenom domet veze je oko 100 m. U mnogim slučajevima praktične primene ovoliki domet nije potreban pa antene mogu da budu znatno kraće. Antena mnogo manjih dimenzija, ali i lošijih performansi, koja je zgodna za upotrebu u prenosnim uređajima, je helikoidalna antena. Ona se pravi prema slici 4.32.

Na ravnom delu burgije prečnika 9,5 mm, bakarnom žicom, izolovanom lakom, prečnika 1,6 mm namota se kalem od 12 navojaka. Zatim se ovaj kalem skine sa burgije i razvuče tako da mu je dužina 38 mm.

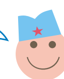
Jedan kraj ove antene se lemi u stopicu koja je spojena sa nožicom 1 predajnika TM1V ili nožicu 6 prijemnika RM1V. Drugi kraj može da visi ali je mehanički pouzdanije i sigurnije (i lepše, što je takođe značajno) da se zalemi za usamljenu bakarnu stopicu na štampanoj ploči.



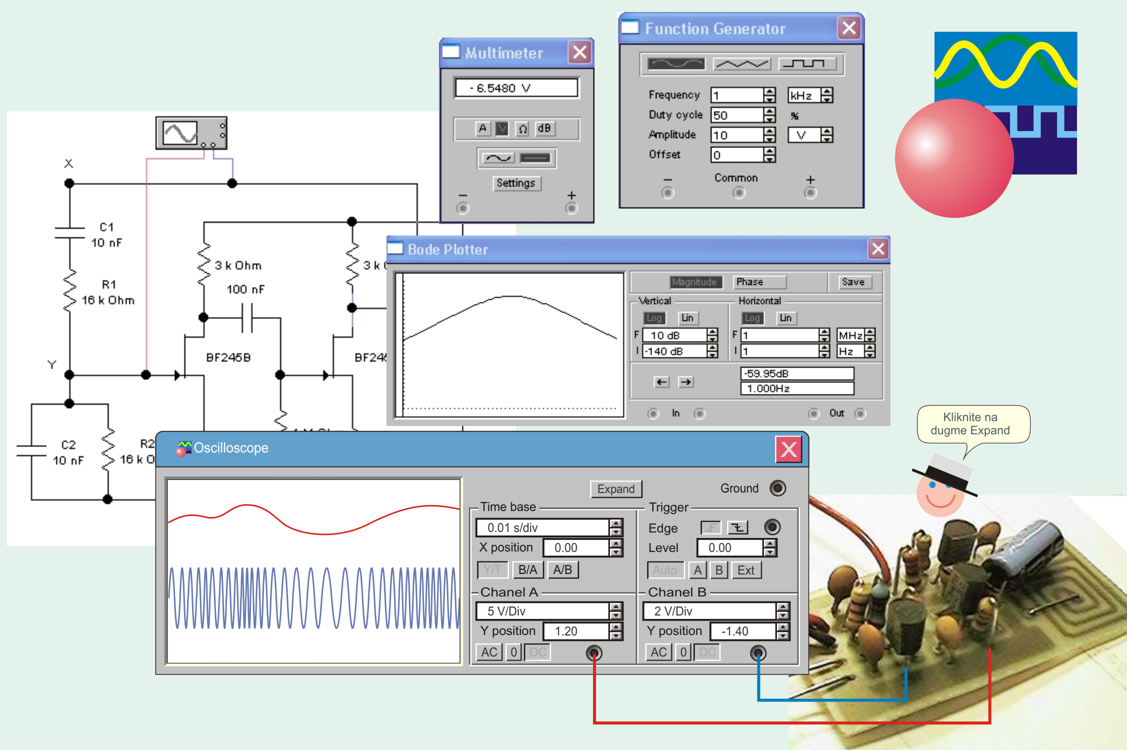


Slika 4.32. Motanje helikoidalne antene

MiFilov zakon uključivosti:
SVAKI RADIO-PREDAJNIK BOLJE RADI,
AKO SE UKLJUČI.



4.9. *Electronics Workbench*



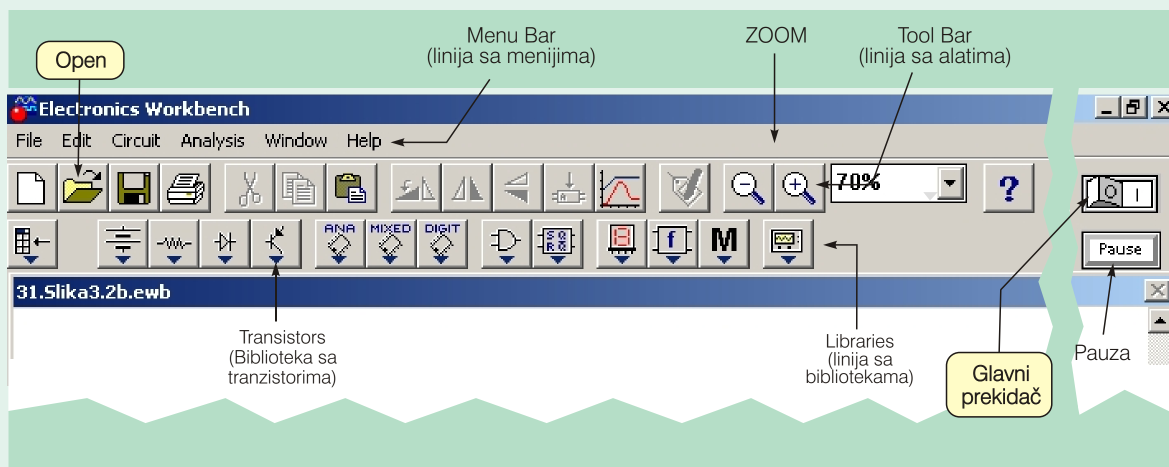
Electronics Workbench (Radni sto za elektroniku, u daljem tekstu EWB) je program za analizu rada različitih električnih i elektronskih kola, koji korisnicima omogućuje da, pre nego što se upuste u nabavku komponenata i praktičnu realizaciju nekog uređaja, izvrše kompjutersku analizu rada tog uređaja i provere da li su njegove karakteristike onakve kakve se očekuju prema prethodnom proračunu i, ako je potrebno, izvrše korekcije električne šeme i vrednosti upotrebljenih komponenata. Na primer, u slučaju ispravljača, EWB omogućuje da se ispravljač detaljno analizira, da se vide oblici i izmere veličine svih napona i struja, izmeri opseg promene izlaznog napona, uticaj promena mrežnog napona i veličine struje potrošača na veličinu izlaznog napona, menjaju komponente i njhove vrednosti itd. Jednostavno, program omogućuje da se na električnoj šemi ispravljača izvrše sve moguće provere i testovi, uključujući i one koje u stvarnosti ne bi smeli da probate zbog opasnosti od trajnog oštećenja komponenata. Ista stvar je i sa ostalim elektronskim uređajima, audio-pojačavačima, radio-prijemnicima, alarmima itd.

Uz svaku od knjiga *Praktične* ELEKTRONIKE (PE1, PE2, PE3...) idu i folderi PE1-EWB, PE2-EWB, PE3-EWb... u kojima se nalaze simulacije električnih šema iz dotične knjige, rađene u EWB-u. Ovi folderi su u folderu EWB SIMULACIJE - PRIMERI na početnoj strani sajta. Uputstvo za korišćenje EWB-a je u knjizi ELECTRONICS WORKBENCH. Ovo mini uputstvo je namenjeno čitaocima koji nemaju vremena da čitaju uputstvo, a žele da pogledaju PE1-EWB, PE2-EWB, PE3-EWB...

Program Electronics Workbench možete da skinete sa Interneta, sa nekog od sajtova koji nude Free Download. Jedan od njih, aktivan u vreme pisanja ovog teksta, je ovaj ispod. Kliknite na:

`http://oprekzone.com/download-ewb-electronic-workbench-5-12-free/`

Dakle, pokrenite program i na upozorenje *Culd not open file* kliknite na dugme *OK*. Na ekranu je slika X. To je virtuelni laboratorijski radni sto na kome se crtaju i analiziraju električne šeme elektronskih uređaja. Zapravo, to je gornji deo stola u kome su linija (polica) sa menijima, linija sa alatima i linija sa bibliotekama.



Slika X. Deo radne površine (radnog stola) EWB-a

Kliknite na svaki od menija i proučite šta je "na jelovniku". Stavite vrh kursora na svaku od ikona u liniji sa alatima, sačekajte da se pojavi ime biblioteke pa kliknite i pogledajte šta je u njoj.

Kliknite na ikonu *Open.* Na ekranu se pojavljuje prozor Open Circuit File. Kliknite na Drives i pronađite gde se nalaze folderi PE1-EWB, PE2-EWB, PE3-EWb... . Otvorite folder koji vas interesuje i kliknite dva puta brzo na fajl koji želite da otvorite. Ako, recimo, tako postupite i u PE3-EWB dva puta kliknete na fajl "01.Jednostrani 1.ewb", na ekranu će se pojaviti električna šema jednostranog usmerača. Ako je slika zbrkana, uhvatite za gornji deo prozor Description i pomerite ga na neko zgodno mesto. Isto učinite i sa osciloskopom i, ako je potrebno, sa šemon, tako da dobijete lepu, preglednu sliku. Ako je suviše sitno, zumirajte. Prvo postupite po upustvu u prozoru *Description,* a onda probajte sve šta vas interesuje. Kad završite, ponovo kliknite na ikonu Open pa dva puta na fajl "02.Jednostrani 2.ewb" itd.

Autor savetuje čitaoce da, dok čitaju knjigu (PE1, PE2, PE3...), imaju pred sobom na ekranu monitora šemu o kojoj je reč u knjizi i da postupe po uputstvu iz prozora Description, ali i da probaju sve drugo što im padne na pamet u vezi sa tom šemom.

Ako ste nešto menjali na slici i to što ste napravili želite da sačuvate, kliknite na *File*, pa na *Save As...*, dajte novo ime i snimite ga gde želite. Ako to ne želite, na pitanje *Save changes . . .* kliknite na *No*.

Najčešće korišćeni postupci pri analizi kola iz foldera PEX-EWB su:

* Početak analize - kliknite na glavni prekidač. Zaustavljanje - kliknite na *Pause*.

* Proširenje slike osciloskopa - kliknite na dugme *Expand* na slici osciloskopa. Smanjenje slike - kliknite na dugme *Reduce*.

* Promena vrednosti komponenata (otpornosti, kapacitivnosti, napona izvora itd.) - kliknite dva puta na komponentu pa na dugme *Value*.

* Pomeranje klizača potenciometra - pritisnite na tastaturi na dugme na kome je slovo koje se u nazivu potenciometra nalazi u uglastim zagradama. Pomeranje u suprotnom smeru se ostvaruje tako što se prstom leve ruke pritisne dugme *Shift* a prstom druge ruke dugme u uglastim zagradama.

* Pomeranje komponenata - stavite kursor na komponentu, pritisnete levo dugme, pomerite komponentu i otpustite dugme.

* Brisanje - kliknete na ono što treba obrisati pa pritisnete dugme *Del* na tastaturi.

* Dovodjenje instrumenata na ekran - kliknite na ikonu biblioteke *Instruments,* stavite kursor na željeni instrument, pritisnite desno dugme na mišu, pomerite instrument gde želite i otpustite dugme.

* Povezivanje komponenta - stavite vrh kursora na kraj priključka komponente, tako da se pojavi mali crni krug, pritisnete levo dugme i pomerite vrh kursora do vrha druge komponente, tako da se i tu pojavi mali crni krug, i otpustite dugme.

* Povezivanje komponente sa već nacrtanim provodnikom - stavite vrh kursora na kraj priključka komponente, tako da se pojavi mali crni krug, pomerite vrh kursora na provodnik, tako da se i tu pojavi mali krug, i otpustite dugme.

* Opis komponenete - kliknete na komponentu pa na dugme sa znakom pitanja u *Tool Bar*-u.

* Okretanje komponente - kliknete na komponentu pa na dugme *Rotate*, *Flip Vertical* ili *Flip Horizontal* u *Tool Bar*-u.

* Zaustavljanje analize i posmatranje napona na osciloskopu - kliknete na dugme *Pause* (ispod glavnog prekidača) pa na dugme *Expand* (na osciloskopu) i pomerite sliku.

* Merenje napona osciloskopom - pomerite kursor 1 na vreme koje vas interesuje i pročitajte veličinu napona u prozoru "Napon"

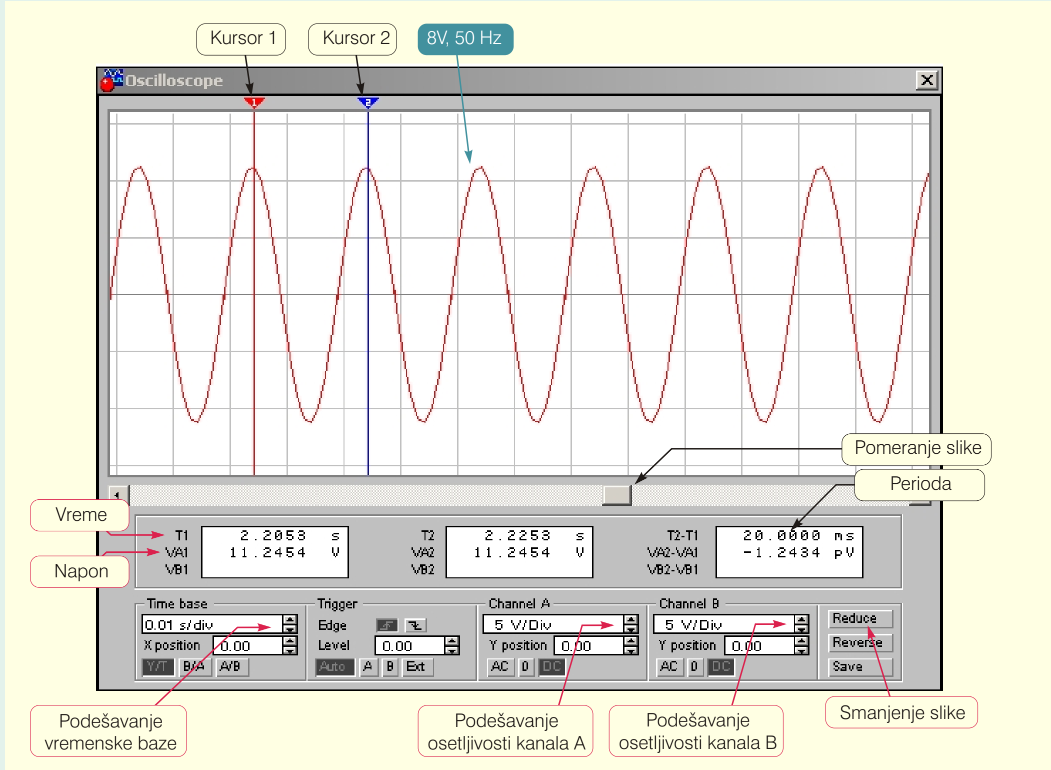
* Merenje učestanosti - podesite kursor 1 na neki maksimum napona, podesite kursor 2 na sledeći maksimum i u prozoru "Perioda" pročitate periodu T. Učestanost se izračuna po obrascu $f = 1/T$.

* Posmatranje talasnog oblika struje osciloskopom - u granu kroz koju teče struja ubacite *I/U* pretvarač (*Current-Contolled Voltage Source* iz biblioteke *Sources*) a na njegov izlaz priključite osciloskop. Napon na izlazu *I/U* pretvarača je istog oblika kao struja.

* Zatvaranje prozora *Description* - kliknite na X u gornjem desnom uglu. Otvaranje - pritisnite istovremeno dirke *Ctrl* i *D*.

* Zatvaranje programa - kliknite na *File* u *Menu Bar*-u pa na *Exit*.

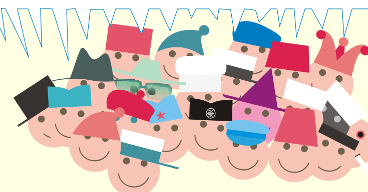
* Upoznavanje sa osciloskopom. U PE1-EWB\Otpornici otvorite fajl "00. Osciloskop.ewb", kliknite na glavni prekidač pa na dugme *Pause*, pa na dugme *Expand* (na osciloskopu). Isprobajte sve što može da se uradi prema oznakama na slici XX.



Slika 8.2. Proširena slika EWB-ovog osciloskopqa

Ако сте имали неке користи од ове књиге,
помозите одржавање и даљи напредак
овог сајта. Донирајте колико можете.
Погледајте "Ако, како донирати"
на почетној страни.

Сваки динар је добро дош'о.



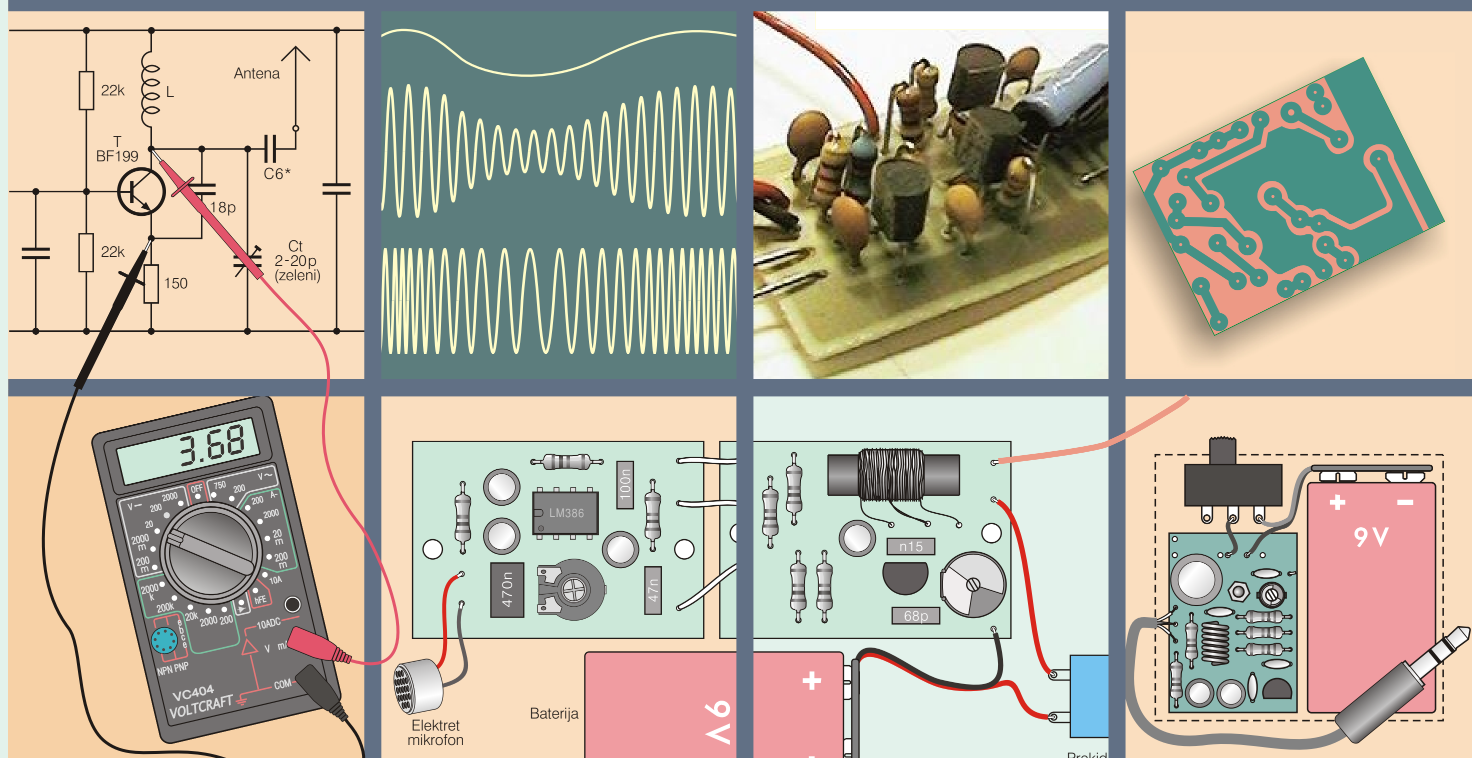
Praktična

ELEKTRONIKA 6

Filipović D. Miomir

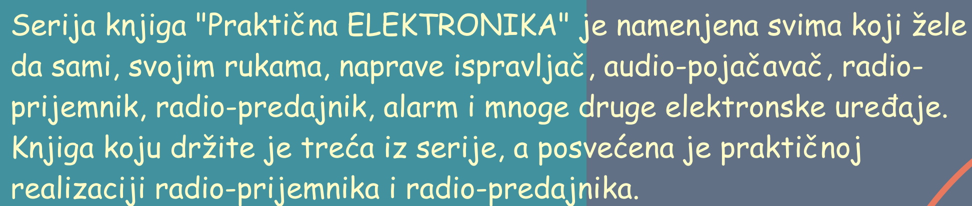
RADIO-PREDAJNICI

od najjednostavnijeg do stereofonskog

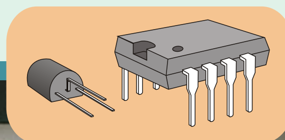


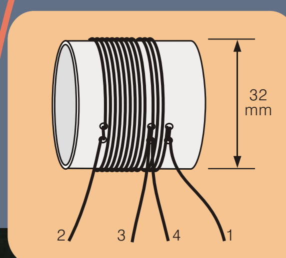
Princip rada, električne šeme, komponente, uputstva, crteži i izrada štampane ploče, montažne šeme, praktična realizacija, podešavanja, provera ispravnosti, dodatna kola, antene, uzemljenje, dodaci . . .

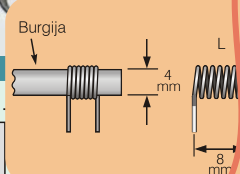
Prednja korica štampane verzije RADIO-PREDAJNIKA

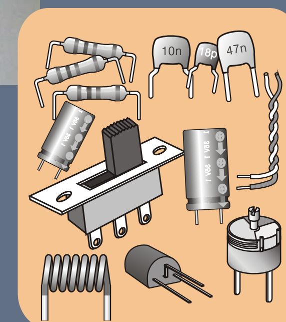


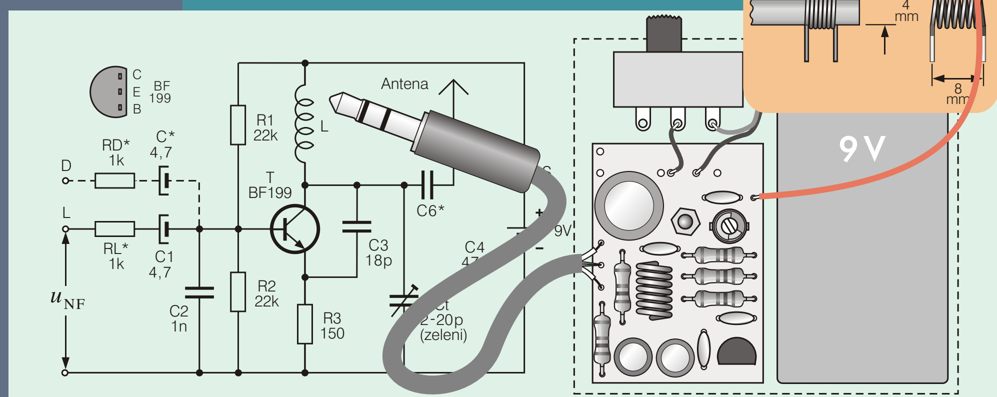
Serija knjiga "Praktična ELEKTRONIKA" je namenjena svima koji žele da sami, svojim rukama, naprave ispravljač, audio-pojačavač, radio-prijemnik, radio-predajnik, alarm i mnoge druge elektronske uređaje. Knjiga koju držite je treća iz serije, a posvećena je praktičnoj realizaciji radio-prijemnika i radio-predajnika.











Zadnja korica štampane verzije RADIO-PREDAJNIKA

Pogledajte VIDEO klipove
u vezi sa ovom knjigom.



6. *P*E6 - Radio-predajnici

PE6a - EWB - Lična radio stanica
https://youtu.be/4wsBJbEif2E

PE6b EWB - Oscilator FM predajnika
https://youtu.be/4KzUOgaupaQ

PE6c - FM predajnik
https://youtu.be/ACrsmG6ce1Q